

# MEDITERRANEA

## SERIE DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Número 6

1987

MUESTRA

Código 210.0005

Año 1987

### SUMARIO

Página

C. LÓPEZ CASADO, A. ESTÉVEZ, J.A. PINA Y G. SANZ DE GALDEANO.	
Alineaciones sismotectónicas en el sudeste de España. Ensayo de delimitación de fuentes sísmicas .	5
FÉLIX PÉREZ-LORENTE.	
Escamas tectónicas alpinas en Lagunilla de Jubera (Cordillera Ibérica, La Rioja) .....	39
J. GABRIEL PENDÓN.	
Algunos sistemas turbidíticos registrados en las unidades del Campo de Gibraltar (Cordilleras Béticas). Sus implicaciones paleogeográficas .....	55
J. GABRIEL PENDÓN Y JOSÉ BORREGO.	
El neógeno del extremo occidental de la cuenca del Guadalquivir .....	97
FRANCESCO PAOLO BONADONNA Y MARÍA TERESA ALBERDI.	
The N/Q boundary at 1.64 MA ? .....	115
MARTÍNEZ GALLEGO J.	
Geomorfología de los depósitos cuaternarios de Chelva (Valencia) .....	131
MERCEDES JAÉN, M. <sup>a</sup> TERESA FERNÁNDEZ TAPIA Y RAFAEL ARANA.	
Anfiboles asbestiformes asociados a afloramientos de metabasitas en Santomera y Los Nietos (Murcia) .	139

# MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Número 6

1987

## SUMARIO

	Página
C. LÓPEZ CASADO, A. ESTÉVEZ, J.A. PINA Y C. SANZ DE GALDEANO. Alineaciones sismotectónicas en el sudeste de España. Ensayo de delimitación de fuentes sísmicas .	5
FÉLIX PÉREZ-LORENTE. Escamas tectónicas alpinas en Lagunilla de Jubera (Cordillera Ibérica, La Rioja) .....	39
J. GABRIEL PENDÓN. Algunos sistemas turbidíticos registrados en las unidades del Campo de Gibraltar (Cordilleras Béticas). Sus implicaciones paleogeográficas .....	55
J. GABRIEL PENDÓN Y JOSÉ BORREGO. El neógeno del extremo occidental de la cuenca del Guadalquivir .....	97
FRANCESCO PAOLO BONADONNA Y MARÍA TERESA ALBERDI. The N/Q boundary at 1.64 MA ? .....	115
MARTÍNEZ GALLEGO J. Geomorfología de los depósitos cuaternarios de Chelva (Valencia) .....	131
MERCEDES JAÉN, M. <sup>a</sup> TERESA FERNÁNDEZ TAPIA Y RAFAEL ARANA. Anfiboles asbestiformes asociados a afloramientos de metabasitas en Santomera y Los Nietos (Murcia) .	139

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA – FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

# SERIE DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Mediterránea Ser. Geol.

## 1987

ANEJO DE LOS ANALES DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Redacción: A. ESTÉVEZ, C. AURNHEIMER y J.A. PINA  
Secretario: J.M. SORIA

EDITA: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante

I.S.S.N.: n.º 0210-5004

Depósito Legal: A-927-1983

Composición e Impresión:

Gráficas ESTILO, S. C.

General Elizaicin, 11 - Tel. 520 69 79

ALICANTE

Correspondencia: Departamento de Ciencias Ambientales y

Recursos Naturales. (División de Geología)

Facultad de Ciencias de la Universidad de Alicante

Teléfono 566 11 50. Extensión 1.190

Apartado 99 ALICANTE

PUBLICACIÓN PATROCINADA POR:



Y CAJA DE AHORROS PROVINCIAL  
DE ALICANTE

**ALINEACIONES SISMOTECTÓNICAS  
EN EL SUDESTE DE ESPAÑA**

**ENSAYO DE DELIMITACIÓN DE FUENTES SÍSMICAS**

por  
C. LÓPEZ CASADO<sup>1</sup>, A. ESTÉVEZ<sup>2</sup>, J. A. PINA<sup>2</sup>  
y C. SANZ DE GALDEANO<sup>3</sup>

**RESUMEN**

Se describen los grandes accidentes del SE peninsular, responsables por sus movimientos de los rasgos neotectónicos y de la sismicidad del área. Para caracterizar ésta se estudia su distribución espacial en intervalos de 25 años y la distribución de la intensidad en intervalos de 25, 50 y 100 años.

Con estos datos se evalúa el riesgo sísmico y se hace un ensayo de delimitación de fuentes sísmicas. La distribución del conjunto de sismos de la región muestra una clara relación con los principales accidentes que la recorren, siendo lugares de especial actividad los sectores de cruce de los mismos. Esta correlación es particularmente clara si se hace con sismos de Imax VI.

Las fuentes sísmicas que se han identificado se localizan en los siguientes sectores: Enguera, Elche-Alicante, Torrevieja, Murcia, Lorca, Cehegín y Serón-Vera (Almanzora).

**PALABRAS CLAVE:** Alineaciones sismotectónicas, fuentes sísmicas, riesgo sísmico, Sudeste de España.

**ABSTRACT**

This paper deals with the most outstanding linements of the SE of the Iberian Peninsula, responsible, through their movements, for the neotectonic features and the seismicity of the area. The characterization of the seismicity is based upon the spacial distribution along 25 years' intervals and the seismic intensity distribution within 25, 50 and 100 years' intervals.

With these data the seismic hazard is evaluated and an approach to the seismic sources delimitation is put forward. The distribution of the whole of epicenters of the region shows a clear connection with its main tectonic linements, the cross-cutting of which being sites of special activity. This correlation is particularly evident if earthquakes of highest intensity  $\geq$  VI are taken into account.

The seismic sources that may be identified are located in the following sectors: Enguera, Elche-Alicante, Torrevieja, Murcia, Lorca, Cehegín and Serón-Vera (Almanzora).

**KEY WORDS:** Seismo-tectonic linements, seismic sources, seismic hazard, South-eastern Spain.

---

(1) Departamento de Física Moderna. Universidad de Granada.

(2) Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales (División de Geología), Universidad de Alicante.

(3) Instituto Andaluz de Geología Mediterránea, C. S. I. C. y Departamento de Geodinámica, Universidad de Granada.

## INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se estudia un sector que comprende Murcia y Alicante. En el mismo se analiza la distribución espacial y temporal de los terremotos registrados (histórica e instrumentalmente) y se presentan las principales fracturas y su posible relación con la sismicidad, lo que nos permite hacer un ensayo de delimitación de fuentes sísmicas.

En este sector existen cuencas sedimentarias rellenas fundamentalmente por materiales de edad Tortonense a Cuaternario, los cuales presentan numerosas deformaciones de diverso tipo. Las fracturas y accidentes más importantes, responsables a su vez de la propia creación de las cuencas, controlan buena parte de estas deformaciones y se distribuyen en tres sistemas de dirección N 60 a E-W, NW-SE y NE-SW. Los movimientos de estos accidentes, en especial los verticales (cientos y hasta miles de metros en algunos casos), parte de ellos producidos en el Cuaternario, dan lugar a sectores con tendencia a la surrección (antiformes del Cap de Santa Pola, del Molar, del Moncayo, de Benjúzar, de Hurchillo y Torreagüera-San Miguel de Salinas) y sectores con tendencia al hundimiento correspondientes a áreas deprimidas ocasionalmente ocupados por saladares, lagunas y marjales (así como la propia cuenca del Segura entre Murcia, Torrevieja y Santa Pola). También el termalismo está ligado a estos accidentes.

Desde el punto de vista de la sismicidad, las características que se utilizan son el número de terremotos, los períodos de recurrencia y el tamaño. Estos parámetros, una vez evaluados, con sus correlaciones con los principales accidentes y fracturas, nos sirven no sólo para obtener un mejor conocimiento de la tectónica de la zona, para su utilización en sismicidad, riesgo sísmico e ingeniería sísmica, sino también para hacer un primer ensayo de predicción sísmica en el sector.

La base fundamental de datos que usaremos es la información sísmica que proporciona el catálogo del I. G. N. (MEZCUA y MARTÍNEZ SOLARES, 1983) y la red de accidentes y fracturas conocidas en las Béticas (SANZ DE GALDEANO, 1983), ahora mejorada, y los trabajos de ESTÉVEZ *et al.* (1986), LÓPEZ CASADO y PUENTES MOLINA (1986) y LÓPEZ CASADO y SANZ DE GALDEANO (1986).

Entre los diferentes parámetros que caracterizan la información de un sismo, su localización y tamaño deben ser los de mayor cuidado de tratamiento debido a la incertidumbre que su cálculo conlleva. La localización espacial es tanto más inexacta cuanto más antiguo es el sismo, llegando en los casos extremos a errores de centenares de kilómetros. Sin embargo, hay excepciones a esta regla cuando el terremoto está bien documentado. En otros casos, la presencia de poblaciones en los alrededores del foco sísmico da lugar a situar éstos en las poblaciones y no en sus verdaderas fuentes.

También hay que ser cuidadoso en las correlaciones de un solo terremoto con un determinado accidente o fractura. Sin embargo, sí es aceptable desde el punto de vista estadístico correlacionar conjuntos de terremotos con sistemas de fallas cuando sus coordenadas coincidan razonablemente. Esta situación se presenta repetidas veces en la región y es una de las bases de sus resultados y conclusiones. Los grupos de terremotos, junto con el sistema de frac-

turas a ellos asociado, nos permitirán delimitar algunas fuentes sísmicas, además de mostrarnos cuáles de éstos son más activos.

El tamaño del terremoto, que nosotros mediremos por su intensidad, presenta en su tratamiento dos dificultades principales. La primera es la conocida de la exageración en la evaluación en las épocas más antiguas. La segunda es el número importante de terremotos sin asignar intensidad, tanto al principio del registro histórico como, paradójicamente, al final del instrumental. Esta última circunstancia, que necesariamente debemos obviar, está causada en la época actual por la gran cantidad de terremotos de magnitud baja que son incluidos en el catálogo.

El número de trabajos sismotectónicos sobre las Béticas o su ámbito no es muy grande. Cronológicamente, los primeros trabajos importantes son debidos a REY PASTOR (1951 a 1956), en los que correlaciona fracturas recientes y sismicidad tal como muestra su conocido mapa sismotectónico de la Península Ibérica. Posteriormente MUNUERA (1965) esboza la predicción sísmica para toda la Península desde razonamientos estadísticos y cálculos de acumulación de energía o estado tectónico de la zona. En esta década, la información sísmica ha sido aumentada y mejorada gracias a las publicaciones de MEZCUA y MARTÍNEZ SOLARES (1983), UDÍAS y BUFORN (1985), MEZCUA *et al.* (1984) y VEGAS (1985), en los que se estudia la situación existente entre las placas africana y europea desde las Azores hasta Argelia. Hay que citar, por último, el trabajo de SANZ DE GALDEANO Y LÓPEZ CASADO (en prensa) donde se hace una delimitación de fuentes sísmicas utilizando tanto los datos de los catálogos como la información tectónica.

## LOS SISTEMAS DE FRACTURAS

El estudio de las fracturas de orden regional pone de manifiesto la existencia de varios sistemas de importancia que llegan a afectar a grandes extensiones de la Península (fig. 1).

1.—Sistema de dirección N 60 a E-W, dividido en dos subsistemas, uno de dirección N 60-70 y otro prácticamente E-W. Al primero pertenecen el accidente de Cádiz-Alicante (SANZ DE GALDEANO, 1983), el de Onteniente-Gandía y el de Castalla-Denia. Próximos a esta dirección existen accidentes que cortan oblicuamente la estructura regional e incluso llegan a paralelizarse a la misma; tal es el caso del de Jumilla-Valldigna, que hacia esta última localidad corre paralelo al de Onteniente-Gandía, mientras que entre Caudete y Jumilla toma la dirección N 45. Estas fracturas funcionan como dextrorsas frente a los esfuerzos E-W y son sinistrorsas frente a los N-S.

El segundo está representado más al S y fuera del área estudiada en detalle por nosotros. A éste pertenecen el accidente de la Sierra de Cartagena (REY PASTOR, 1951); el del Almanzora (LÓPEZ MARINAS, 1976) y el corredor de las Alpujarras (SANZ DE GALDEANO, *op. cit.*; SANZ DE GALDEANO *et al.*, 1984).

2.—Sistema de fallas NW-SE, localmente subdivisible en dos subsistemas. El primero, de dirección N 110-120, son fallas que actúan como sinistrorsas y, por tanto, son conjugadas con el sistema anterior frente a compresiones de

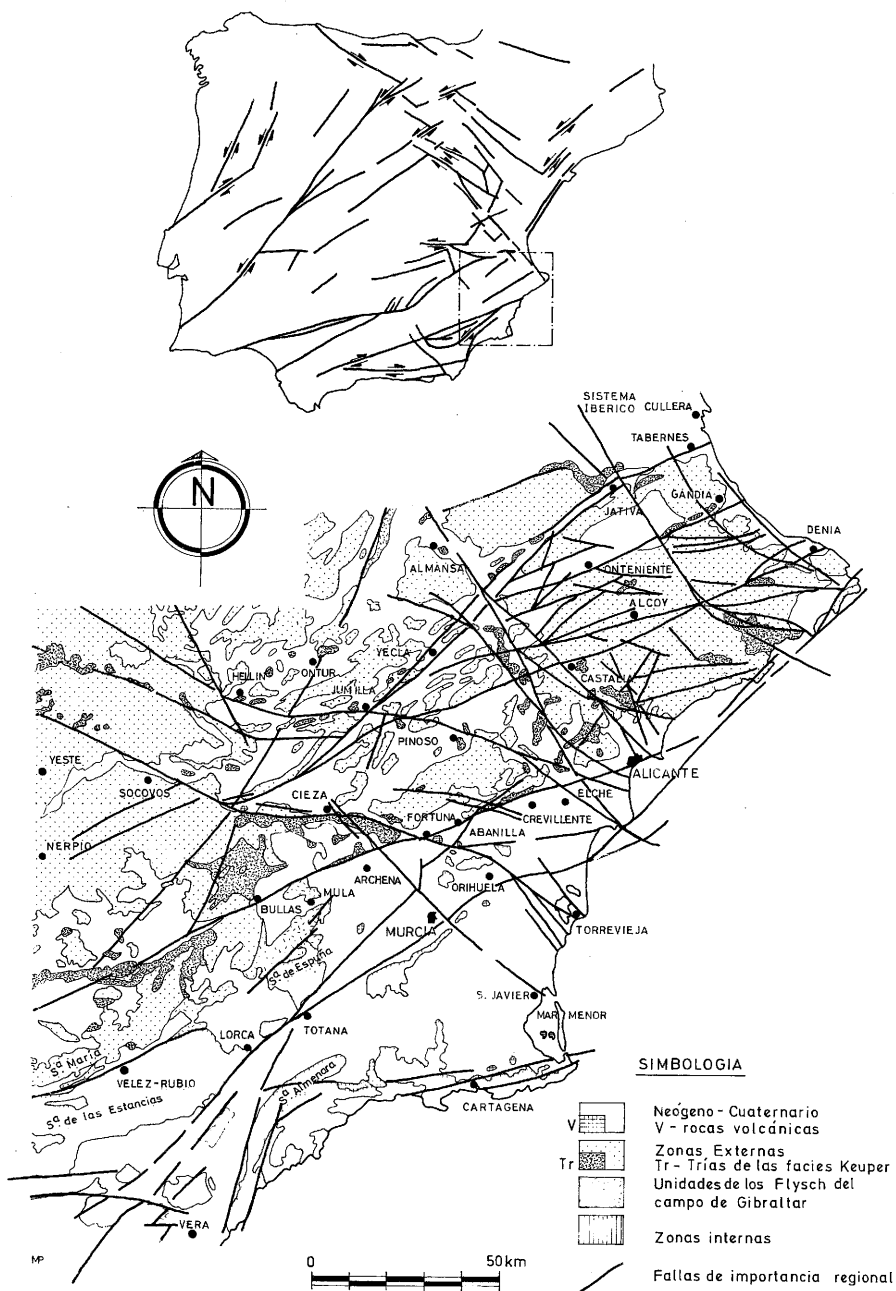


Figura 1.— Mapa de situación del área estudiada en el contexto de la Península: Sector oriental de la Cordillera Bética.

dirección E-W. Este funcionamiento se invierte frente a compresiones N-S. A este grupo pertenecen el accidente Elche-Jumilla (ESTÉVEZ *et al.*, 1985) y el de Socovos (JEREZ MIR, 1973), cuya prolongación alcanza el área de Torreveja-Guardamar.

El segundo subsistema es de dirección N 135-150. Al mismo corresponden el accidente del Medio Segura, las fallas de San Miguel de Salinas y asociadas (REY PASTOR, *op. cit.*; MONTENAT, 1973), el accidente del Vinalopó (REY PASTOR, *op. cit.*; RODRIGUEZ ESTRELLA, 1979) y el de Bernia.

3.—Las fallas que se acaban de citar de dirección N 135-150 son conjugadas frente a esfuerzos N-S con el sistema NE-SW, aquí fundamentalmente de dirección N 30-45. Parecen ser de actuación relativamente reciente. Al mismo corresponden la falla de Alhama, las asociadas al accidente del Guadalentín-Serra Gelada, así como las fallas ligadas al extremo occidental del accidente Jumilla-Valdigna, ya aludido anteriormente.

El análisis microestructural de las superficies de falla, al menos en lo que se refiere a los primeros grupos citados, demuestra una actividad reciente con salto en dirección. Asimismo, el estudio de los cantos estriados en formaciones de edad Tortonense superior, Messinense y Plioceno (p. ej., en los sectores de Elche y Alicante) muestra bien a las claras la presencia de esfuerzos compresivos alternativos E-W y N-S que debieron de actuar durante el Plioceno superior y el Pleistoceno, de los que el registro más evidente corresponde a la última dirección citada.

Estructuras de rango mayor denotan especialmente la compresión N-S (flecciones en conglomerados del Plioceno terminal y en caliches de edad Villafranquiense). Los antiformes citados en el capítulo precedente, si bien pueden responder en parte a movimientos verticales inducidos por fracturas de zócalo, son asimismo compatibles con un acortamiento de dirección aproximada N-S.

Por su parte, la propia morfología de las superficies de las fallas, con trazas curvas, aboga por un mayor acortamiento en la mencionada dirección, que provoca una tendencia de los sistemas NE-SW y NW-SE a adquirir orientaciones próximas a la E-W por rotación externa antitética en la zona de confluencia de las fallas más importantes. Las fracturas, al hacerse progresivamente perpendiculares a la dirección del esfuerzo máximo compresivo N-S, tienden a evolucionar a fallas inversas, como se observa a lo largo del accidente de Socovos, al S de Cieza. La traza generalmente curvada de éstos grandes accidentes sugiere una mayor modernidad del esfuerzo N-S.

Fallas de actuación más reciente y de saltos de menor entidad en la horizontal pueden generarse en las zonas de inflexión de los grandes accidentes al no poder estos absorber toda la deformación (sectores del Medio y Bajo Segura y del Vinalopó-Alicante).

En muchas depresiones intramontañosas de las Béticas se producen fenómenos de surrección y subsidencia relativas desde el Tortonense superior y, sobre todo, desde el Messinense superior, probablemente asociados a reajustes isostáticos o bien a una extensión E-W, que pueden presentar momentos de especial incidencia regional (Groupe de Recherche Néotectonique, 1977; ESTÉVEZ *et al.*, 1984). Sectores en los que la subsidencia relativa es mayor quedan sumergidos a lo largo del Mioceno superior, rodeados por relieves abruptos durante el Tortonense. Ya en el Messinense se instauran brazos de mar de



dirección NE-SW que se extienden desde las Islas Baleares al mar de Alborán, flanqueados a ambos lados por áreas emergidas de relieve suave. Los brazos presentaban en dirección transversa prolongaciones a favor de fracturas que afectaban a la margen oriental entre Cartagena y Alicante. Estos corredores sumergidos fueron asiento de importantes depósitos ligados a fuerte subsidencia, lo que confirma la idea de que los sistemas de fallas antes descritos, aunque reflejan situaciones compresivas horizontales, han funcionado también en régimen tensional durante el Mioceno superior.

Durante el Plioceno continúan los movimientos en la vertical, de modo que el brazo de mar messinense se estrangula hacia el S, quedando emergida el área situada al S de la línea que uniría el Mar Menor con el extremo meridional de la Sierra de Carrascoy (MONTENAT, *op. cit.*). La margen occidental del antiguo corredor, debido a una surrección generalizada, se desplaza hacia el E, cerrando así, junto a la línea de costa anterior, el mar plioceno en el sector de San Javier. La margen oriental del corredor messinense, por el contrario, está ya sumergida en esta época. Así pues, como resultado de los movimientos verticales en el área, se instala un amplio golfo entre Alicante y Cabo de Palos, en el que emergen algunas islas como en Balsicas y en Guardamar-Santa Pola-Tabarca (MONTENAT, *op. cit.*; ESTÉVEZ *et al.*, 1985). A la sazón, entre las zonas fuertemente subsidentes durante esta época destaca el área del Bajo Segura, en la que el techo del Mioceno se hunde hasta unos 450 m.

A partir del Pleistoceno inferior se detecta, sobre todo a través del análisis microestructural, una compresión aproximadamente N-S cuyos efectos han pasado a menudo desapercibidos (Groupe de Recherche Néotectonique, 1977; ESTÉVEZ *et al.*, 1983). Aunque de forma menos abusada, también se advierte una compresión E-W a nivel de microestructuras. De este modo, los sistemas de fallas de distinta orientación podrán actuar con régimen diverso, de acuerdo con el esfuerzo predominante en cada momento, tal como se describe al comienzo del presente capítulo. Esto no sería del todo cierto si el cuadro general no se completara con una distensión concomitante capaz de explicar hechos como: la subsidencia continuada del área del Bajo Segura, que lleva el techo del Mioceno a más de 600 metros de profundidad, según datos de sondeos y de Geofísica; la práctica desaparición del sector de Guardamar-Santa Pola-Tabarca; y la presencia a distintas cotas de un mismo nivel tirreniense en lugares contiguos (playas paleotirrenienses de La Marina y playas eutirrenienses de Tabarca).

En resumen, las deformaciones producidas desde el Tortoniense a la actualidad muestran efectos más claramente visibles debidos a distensiones que a compresiones, (los saltos verticales son siempre mucho más patentes que los horizontales). Los movimientos compresivos y distensivos corresponden respectivamente a aceleraciones y desaceleraciones del acercamiento África-Iberia y a movimientos E-W. Además, en numerosos casos la distensión se crea perpendicular a los esfuerzos compresivos. Así sucede con frecuencia que los eventos compresivos quedan ocultos a causa de las distensiones asociadas y a los reajustes isostáticos que favorecen las deformaciones en la vertical.

En consecuencia, los accidentes recientes tienen carácter polifásico, por lo que es corriente observar en un mismo plano de falla microestructuras que denotan esfuerzos verticales y horizontales.

# SISMICIDAD

## INTRODUCCIÓN

De lo anteriormente expuesto queda claro que el SE de la Península Ibérica constituye un área afectada por una tectónica activa reciente. La confirmación más palpable de la inestabilidad tectónica de la zona la encontramos en su alta sismicidad, una de las más altas de España. Los accidentes tectónicos mencionados en el capítulo anterior, jalonados por flexiones y fallas que han sido representadas en los mapas adjuntos, conforman las líneas de debilidad capaces de promover sacudidas sísmicas.

La Norma Sismorresistente P. D. S.-1 (1974), Decreto 3209/74, publicada en el B. O. E. de 21/11/74, establece tres zonas de intensidad representadas en un mapa del citado decreto. Según éste, en el área estudiada existen dos sectores: uno centrado en Orihuela, que se extiende entre Villajoyosa y Lorca, está enclavado en la zona A de máxima intensidad esperada, con un grado  $G > VIII$ , recorrido por las isomáximas VIII y IX; y otro, que circunda al anterior, queda incluido en la zona B, con una actividad sísmica menor, entre VI y VIII.

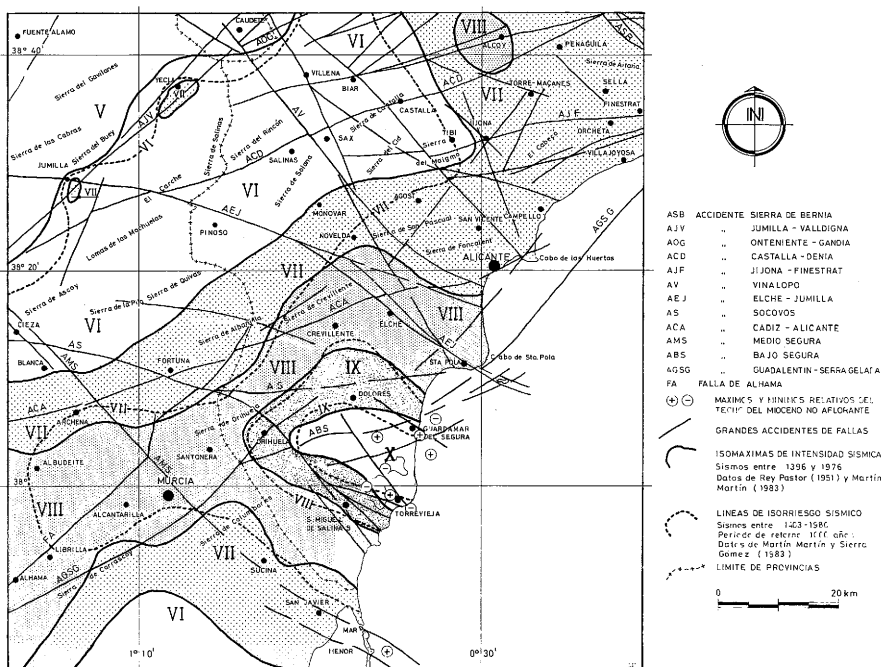


Figura 2.— Mapa sismotectónico de Alicante-Murcia.

Estas intensidades máximas esperadas, según la Norma, evidentemente no cuadran con la realidad. En efecto, el mapa de isomáximas de REY PASTOR (1951), realizado tras el estudio detallado de los sismos ocurridos durante el s. XIX y los del período instrumental 1900-1950, muestra significativas desviaciones dentro del área que aquí interesa. MARTÍN MARTÍN (1983 y 1984) aporta un mapa de isomáximas de sismos sentidos entre 1396 y 1979. Esta información, con ligeras modificaciones introducidas de acuerdo con los datos de REY PASTOR (*op. cit.*), se incluye en el mapa sismotectónico de la figura 2. Al respecto del mapa de la Norma, MARTÍN MARTÍN (1983) dice textualmente: «También la intensidad asignada a Murcia capital en el mapa de la Norma es superior a la sentida. En cambio, localidades de la zona costera, donde se sintió el terremoto de Torrevieja con su máximo grado, han visto notablemente reducida su máxima intensidad en el mapa de la Norma..., la zona sísmica del Almanzora no tiene tampoco representación en el mapa de la Norma, e igual ocurre con el sur de la provincia de Valencia, donde también las intensidades del mapa de la Norma son notablemente inferiores a las sentidas». Este mismo autor, en colaboración con otro investigador (MARTÍN MARTÍN y SIERRA GÓMEZ, 1983), confecciona mapas de riesgo sísmico en base a estudios probabilísticos a partir de los sismos acaecidos entre 1403 y 1980. Los resultados obtenidos para un período de retorno de mil años, altamente congruentes con el mapa de isomáximas, también han sido recogidos en nuestro mapa sismotectónico con ligeras modificaciones.

Parece claro, a partir de la información actualmente disponible, que las previsiones de la Norma Sismorresistente para la zona A, máxima actividad sísmica, deben extenderse a todo el litoral meridional alicantino, especialmente el sector de Guardamar-Torrevieja. Desde aquí la zona de alta sismicidad se extiende hacia Elche y Orihuela, y pasa a la provincia de Murcia en dirección a Lorca, adoptando una forma alargada de dirección NE-SW.

## **METODOLOGÍA**

Para completar y caracterizar con más precisión la sismicidad del sector estudiado, se han realizado mapas y gráficos que muestran su distribución espacial y temporal en la región de Murcia y Alicante (figs. 3 a 12), así como su relación con la red de fracturas (figs. 7 y 8). Pero antes conviene explicar la metodología seguida para lograr esta caracterización.

Tantos los datos sísmicos (figs. 3 a 6) como geológicos han sido introducidos en ordenador en un mapa de coordenadas Lambert. Por ello el Catálogo de Sismos Ibero-Magrebíes (MEZCUA y MARTÍNEZ SOLARES, 1983) se han transformado a las citadas coordenadas. Esto facilitará la búsqueda de correlaciones entre epicentros y accidentes geológicos.

Para el estudio de la posible existencia de períodos de retorno de los grandes terremotos, las dificultades son mayores por la falta de completitud de los datos, a pesar de la mejora que ha supuesto la publicación del catálogo del área ibero-magrebí ya citado. Así los resultados que se obtienen por los métodos estadísticos usuales deben ser interpretados con sumo cuidado. Por ello hemos dividido el intervalo de tiempo para el que es completo el catálogo cita-

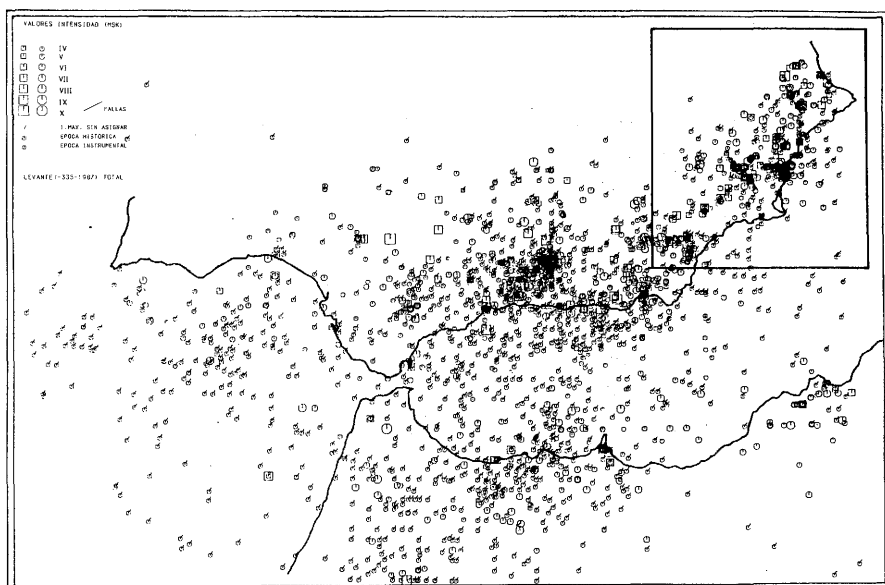


Figura 3.— Distribución espacial de terremotos en el ámbito Bético-Rifeño y localización de la zona de estudio.

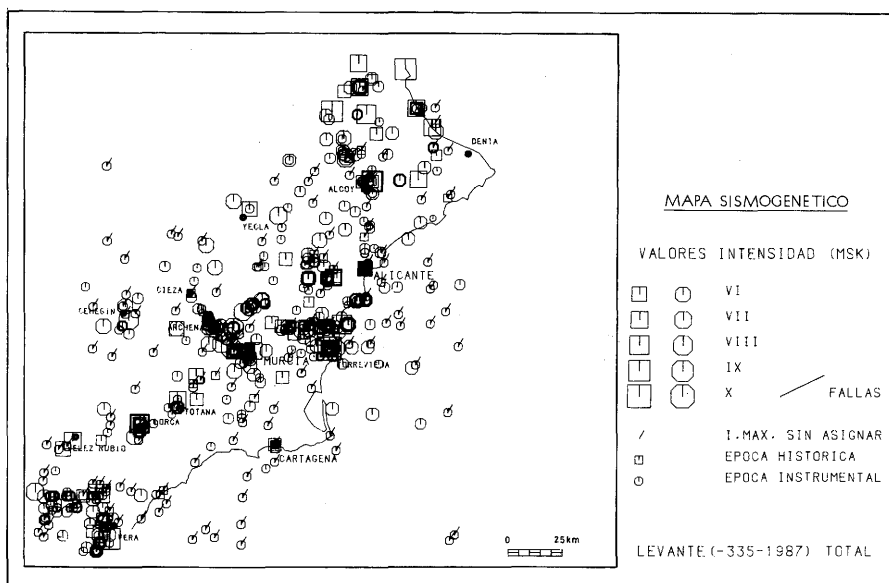
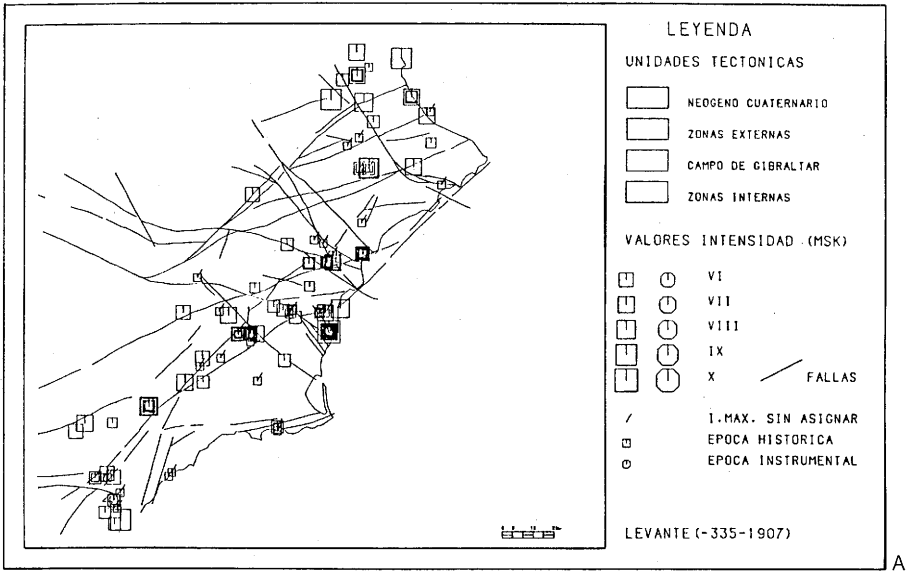
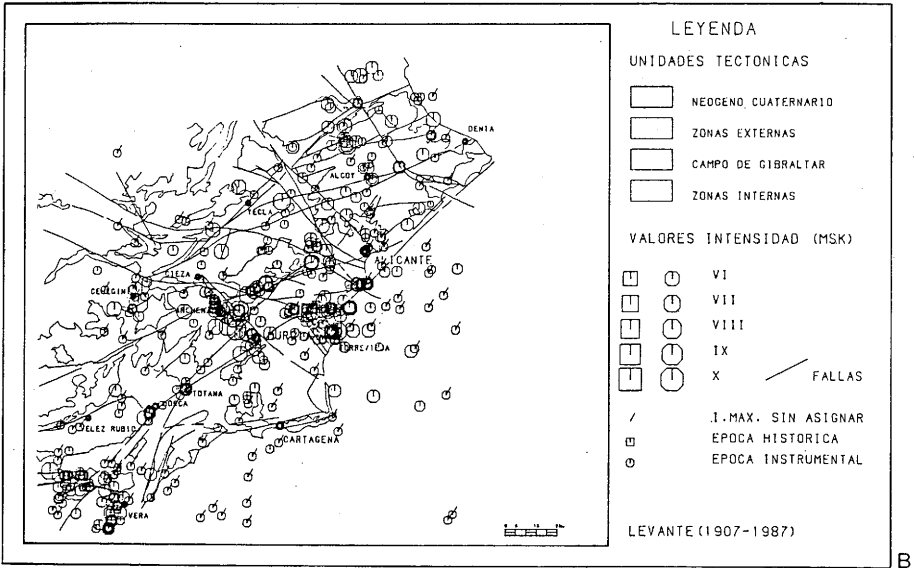


Figura 4.— Mapa sismogenético de la zona estudiada.



A



B

Figura 5.— Relación de los principales sismos con la red de fracturas. a) Sismicidad histórica. b) Sismicidad instrumental.

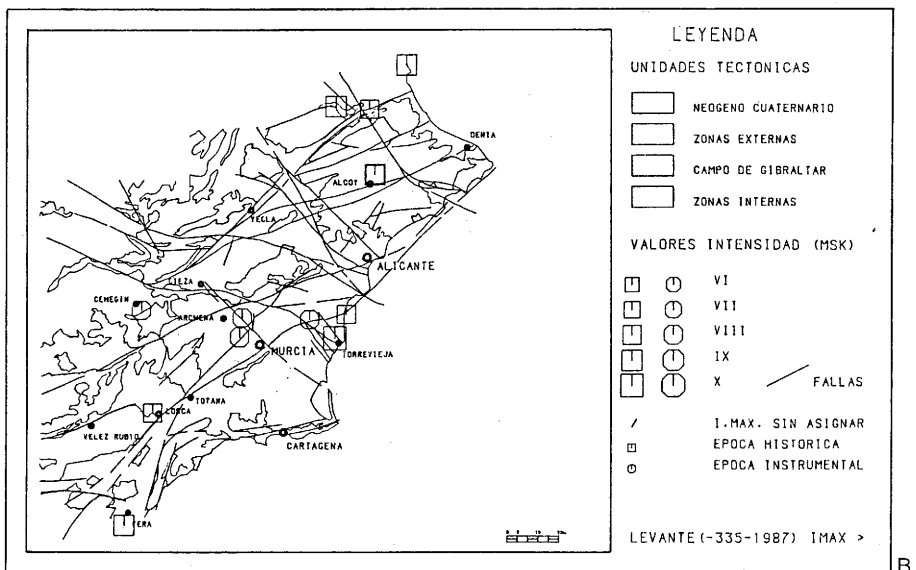
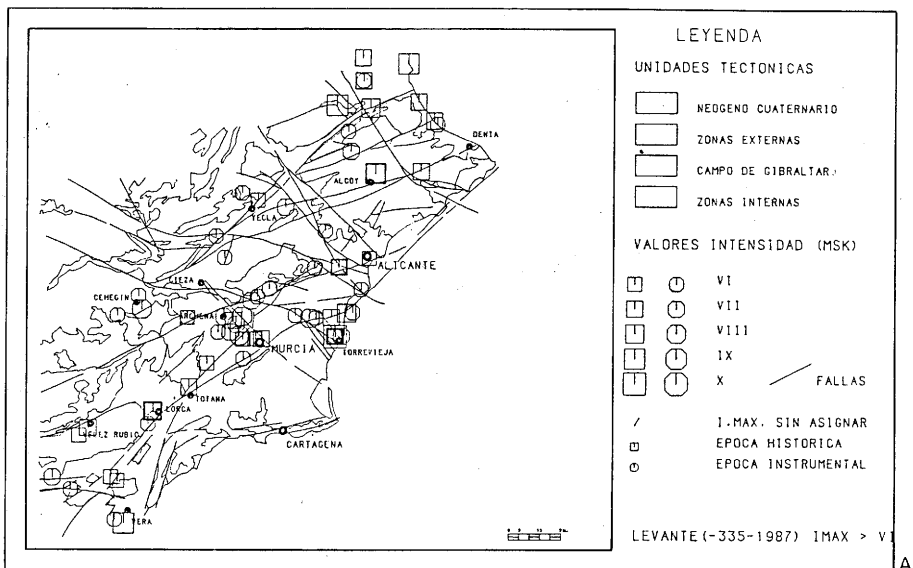


Figura 6.— Sismicidad de la región de Alicante-Murcia desde —335 hasta 1987: a)  $I_0 > VI$ ; b)  $I_0 > VIII$ .

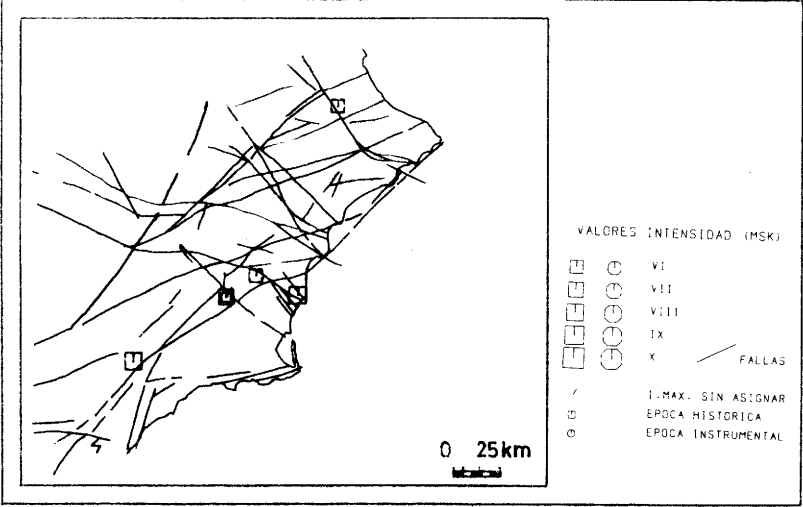
do en subintervalos de igual duración: 25, 50 y 100 años (figs. 7 y 8). Para cada uno de estos subintervalos obtuvimos mapas con la técnica mencionada antes, donde se representan los sismos producidos, ellos solos o bien sobre la red de fracturas y/o sobre las distintas unidades geológicas. La comparación de los mapas de los distintos intervalos temporales muestra la repetición de terremotos en determinados sectores: posibles fuentes sísmicas relacionadas con accidentes y quizá con otros rasgos geológicos. A la vez, esto permite de alguna manera predecir los sectores donde se van a producir terremotos de determinada intensidad de acuerdo con su repetida aparición en los diferentes subintervalos considerados. En el mapa correspondiente al último subintervalo observaremos qué fuentes han completado su ciclo repetitivo y cuáles no. En base a esto será aceptable esperar más probablemente un terremoto en una de estas últimas fuentes que en cualquiera de las otras. Por supuesto, la validez del método se basa en aceptar que los terremotos se repiten cíclicamente dentro de una zona y para cada una de sus fuentes, como parecen indicar los mapas de subintervalos.

Supone lo anterior que de alguna manera se acepta que el estado de esfuerzos es constante durante el intervalo de tiempo que alcanza la completitud del catálogo, lo que desde el punto de vista geológico no puede aceptarse más que de forma aproximada, aunque sí lo podemos asumir para el corto espacio de tiempo en el que se tiene registro sísmico. De esta forma, las fuentes sísmicas se cargarán y descargarán de una forma relativamente regular.

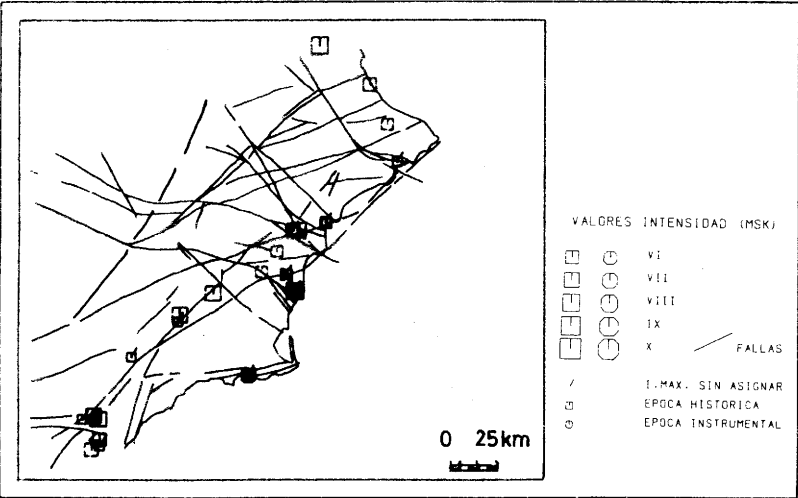
Hay que tener en cuenta, por último, que el método tiene otra limitación fundada en la calidad de los datos utilizados. Una idea de ésta se obtiene mediante el estudio de su completitud y homogeneidad (figs. 9 y 10a). Por tanto, se hizo necesario un trabajo previo a este estudio, que se centró sólo en aquéllas (LÓPEZ CASADO y PUENTES MOLINA, 1986).

El tamaño de los terremotos se ha evaluado por medio de la intensidad máxima o epicentral en la escala M. S. K., debido, primero, a su conexión directa con el carácter destructivo del terremoto; segundo, a ser la única forma de evaluar los terremotos históricos, y, por último, a la imposibilidad de obtener una correlación aceptable,  $\rho = 1$  ( $0,5 < \rho < 1$ ) entre la intensidad y la magnitud. Los subintervalos de 25, 50 y 100 años en los que se ha dividido el intervalo total del catálogo en el que es completo son los intervalos de uso común en riesgo sísmico y los valores que suelen aparecer en los trabajos estadísticos de cálculo de períodos de retorno, como es, por ejemplo, la Gumbel I (tabla I). Tanto en los trabajos de cálculo como en los mapas y tablas de terremotos es siempre el principal el utilizado, eliminándose las réplicas y premonitorios. Esta clasificación de terremotos ha sido obtenida directamente del catálogo del I. G. N. Las condiciones impuestas para que una zona sea considerada como fuente sísmica se basan en la localización en ella de varios terremotos de intensidades altas  $> VI$ , la presencia de rasgos tectónicos, tales como fracturas recientes, y potencialmente activos y la existencia de cierto nivel alto de microsismicidad.

Finalmente hacemos constancia de que el enfoque en parte cualitativo de este trabajo, está impuesto por la calidad de la información utilizada. Como es obvio, a medida que esta información sea complementada y mejorada, el problema se tratará de solucionar desde métodos más cuantitativos, básicos en estudios útiles de predicción sísmica.



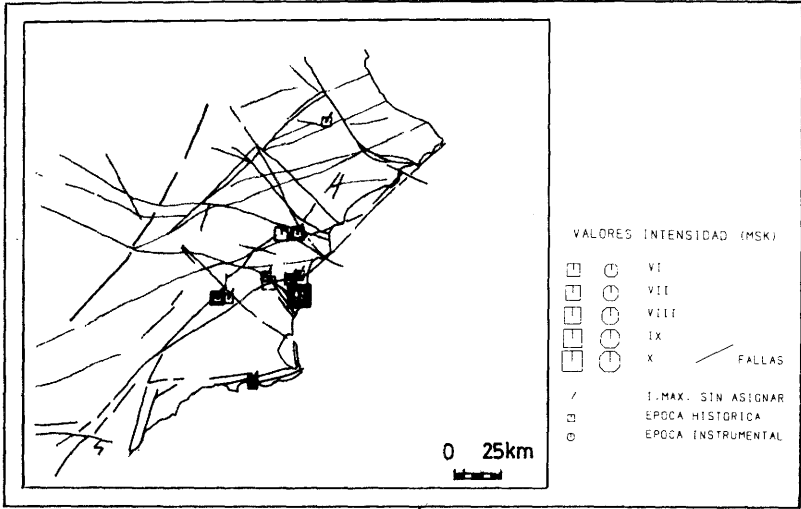
Levante español 1800-1824



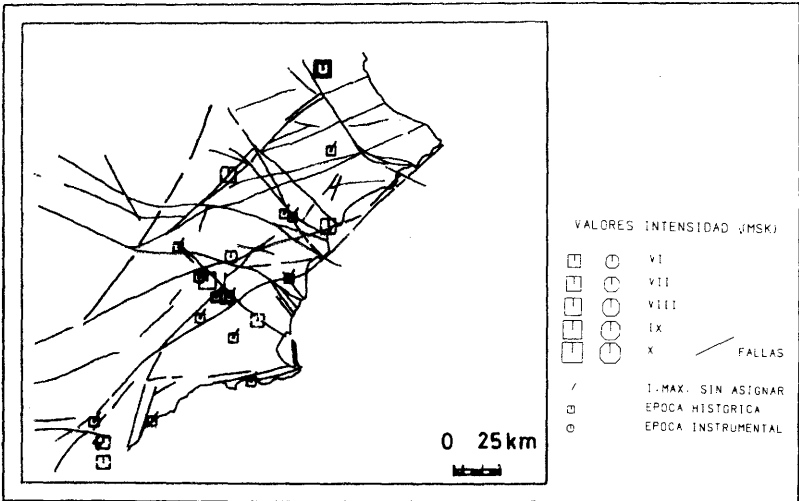
Levante español 1850-1874

Figura 7a.— Distribución espacial de la sismicidad total de la región de Alicante-Murcia en períodos de 25 años desde 1800 hasta 1987.



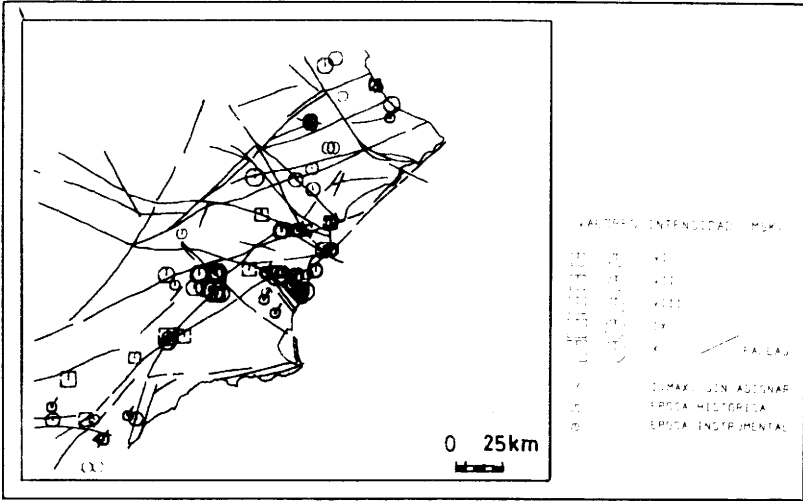


Levante español 1825-1849

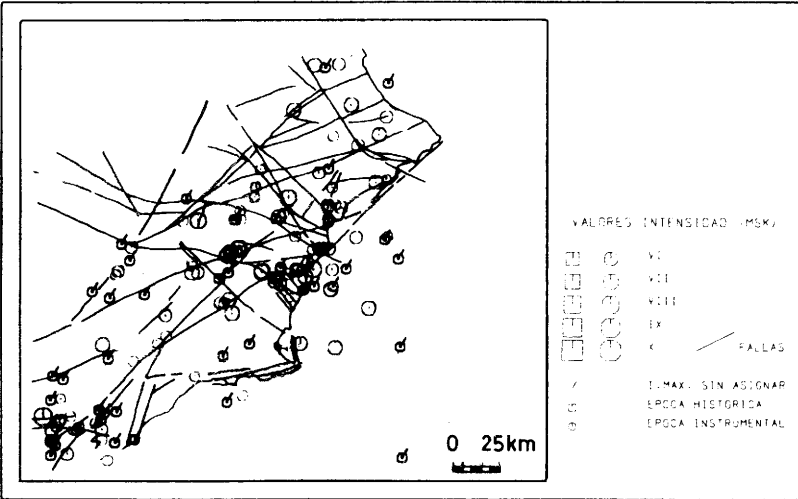


Levante español 1875-1899

Figura 7b.— Distribución espacial de la sismicidad total de la región de Alicante-Murcia en períodos de 25 años desde 1800 hasta 1987.

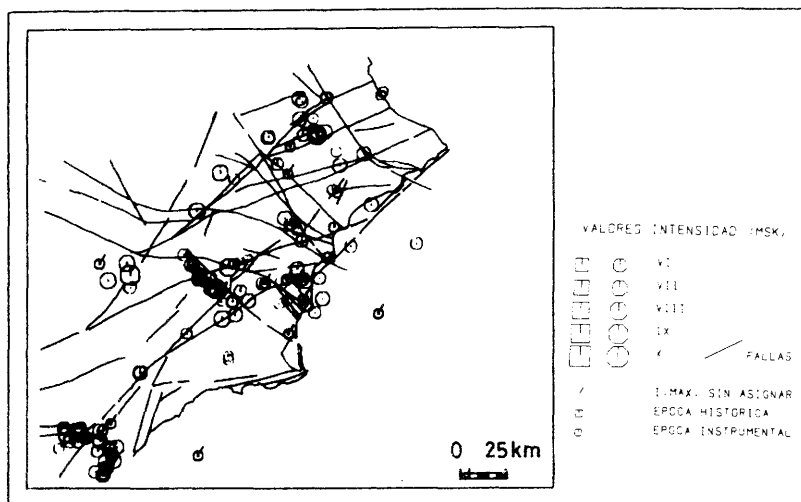


Levante español 1900 - 1924

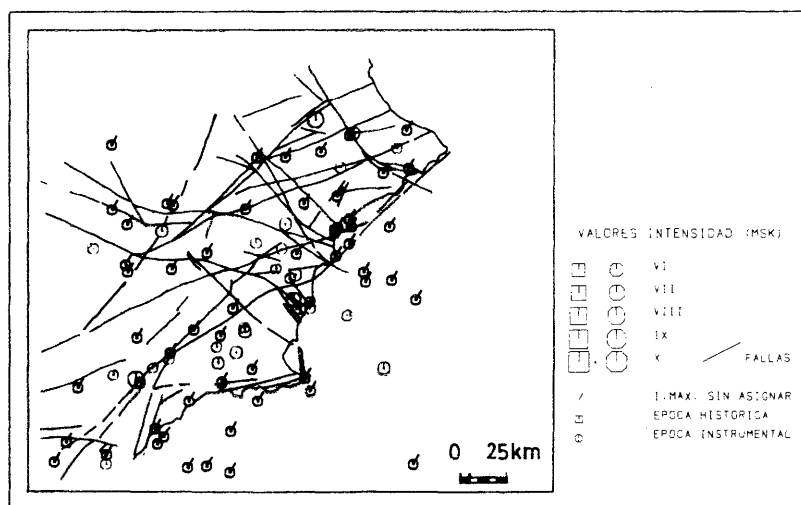


Levante español 1950-1974

Figura 7c.— Distribución espacial de la sismicidad total de la región de Alicante-Murcia en períodos de 25 años desde 1800 hasta 1987.

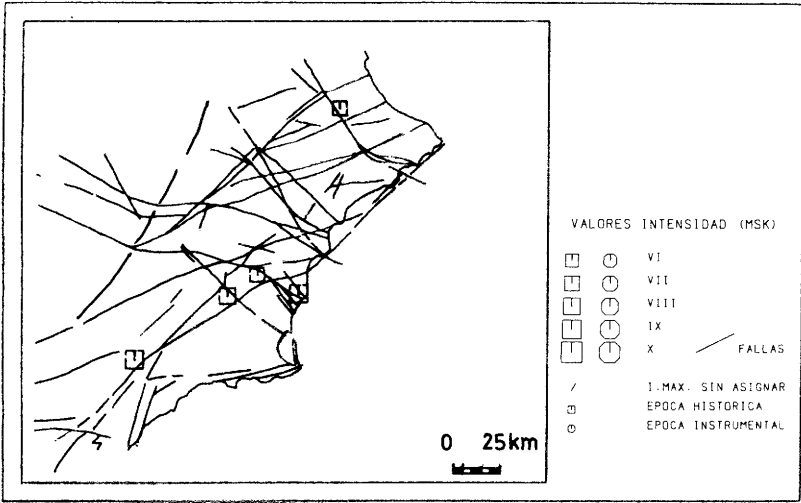


Levante español 1925 - 1949

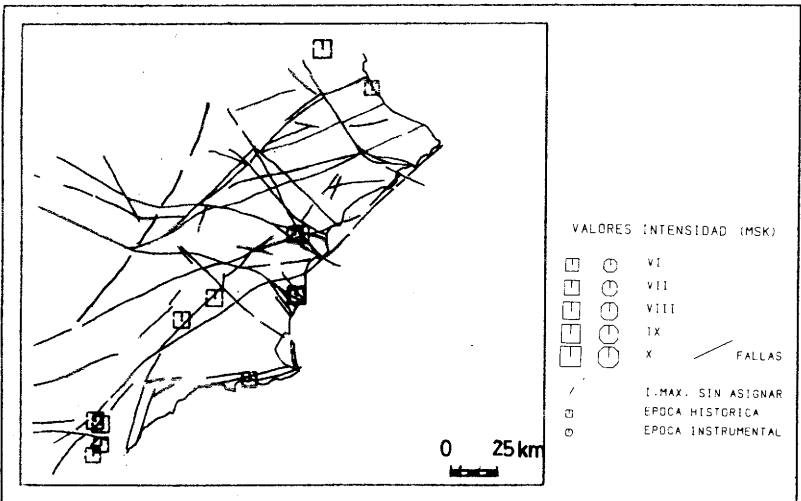


Levante español 1975 - 1987

Figura 7d.— Distribución espacial de la sismicidad total de la región de Alicante-Murcia en periodos de 25 años desde 1800 hasta 1987.

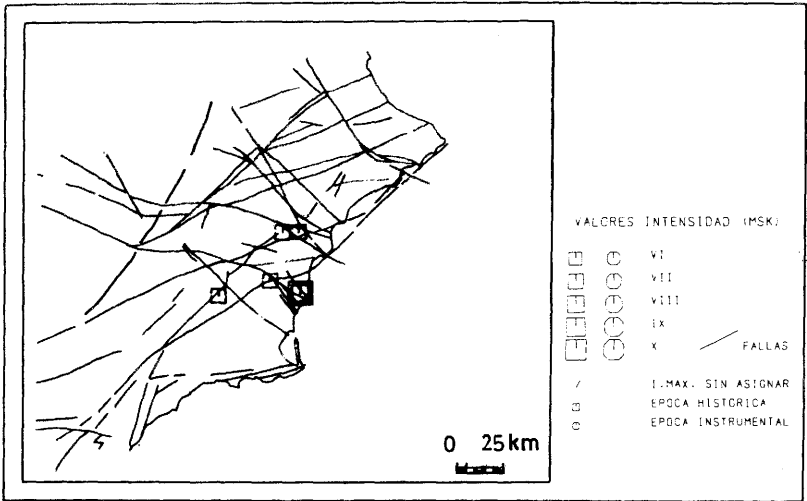


Levante español 1800 - 1824

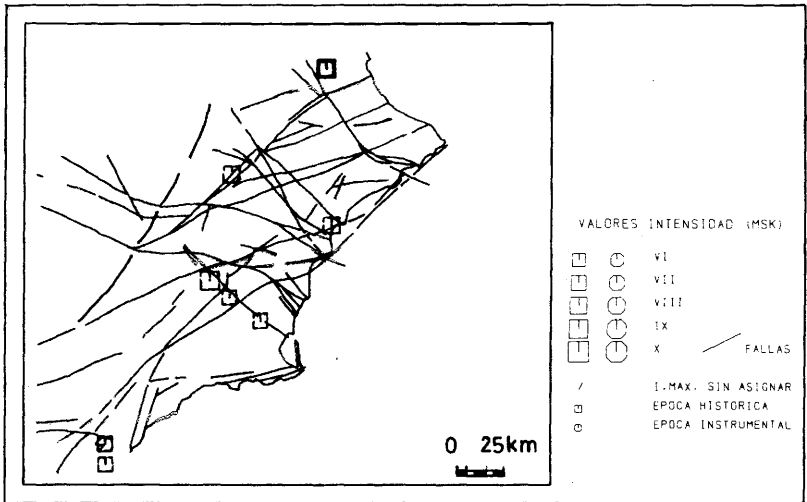


Levante español 1850 - 1874

Figura 8a.— Distribución espacial de la sismicidad de la región de Alicante-Murcia en períodos de 25 años desde 1800 hasta 1987 a partir de  $I_0 \geq VI$ .

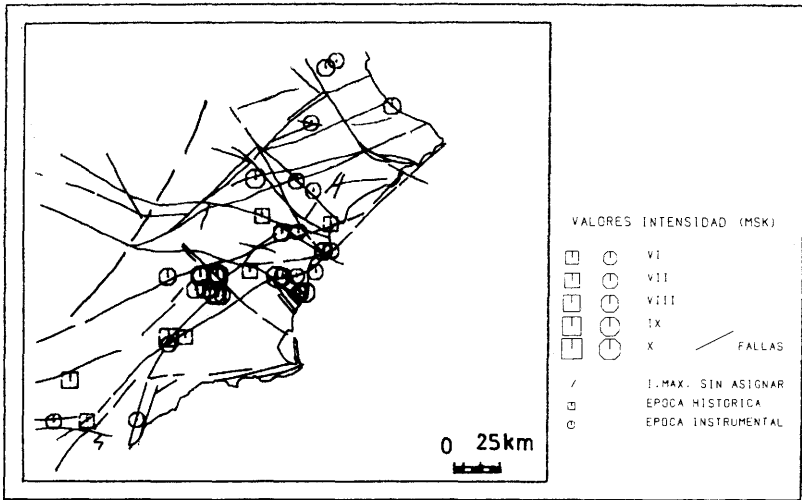


Levante español 1825 - 1849

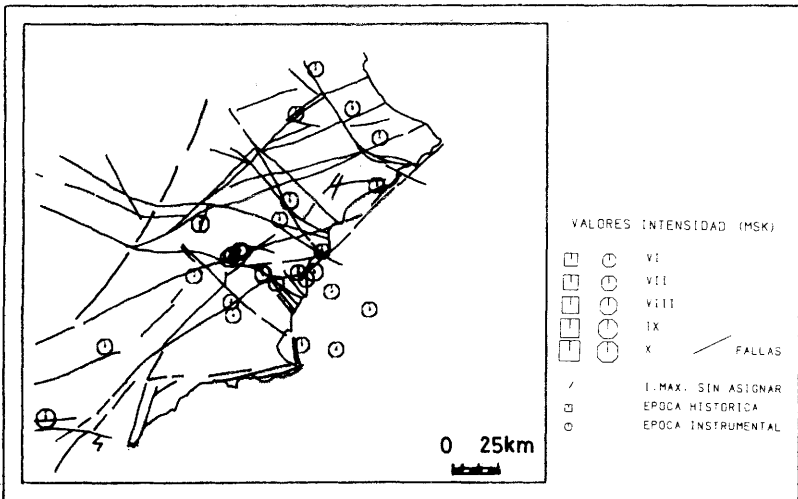


Levante español 1875 - 1899

Figura 8b.— Distribución espacial de la sismicidad de la región de Alicante-Murcia en períodos de 25 años desde 1800 hasta 1987 a partir de  $I_0 \geq VI$ .

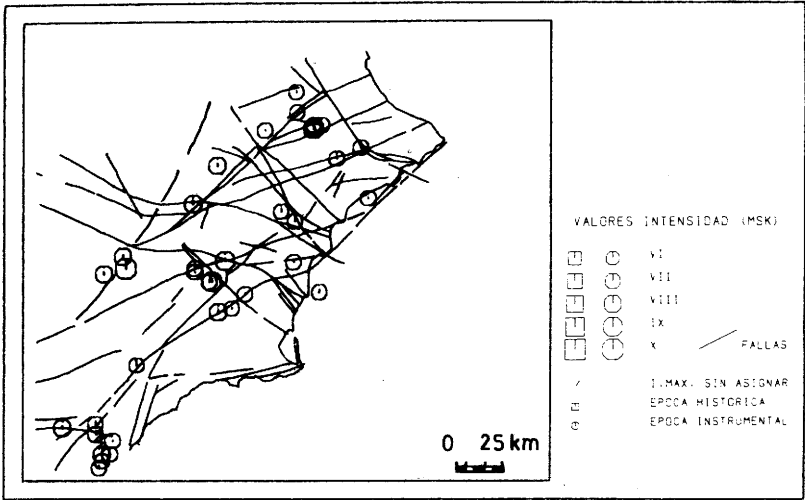


Levante español 1900 - 1924

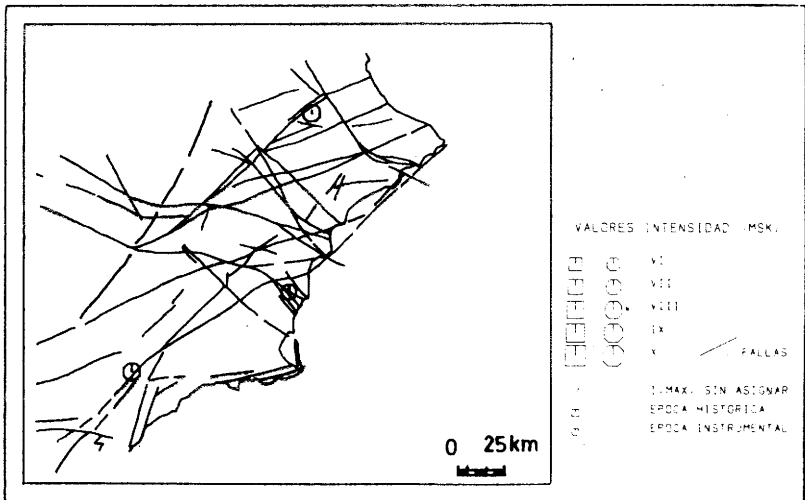


Levante español 1950 - 1974

Figura 8c.— Distribución espacial de la sismicidad de la región de Alicante-Murcia en periodos de 25 años desde 1800 hasta 1987 a partir de  $I_0 \geq VI$ .



Levante español 1925-1949



Levante español 1975-1987

Figura 8d.— Distribución espacial de la sismicidad de la región de Alicante-Murcia en períodos de 25 años desde 1800 hasta 1987 a partir de  $I_0 \geq VI$ .

**TABLA Ia****Levante****Intervalo 5 años****Período histórico e instrumental (1700-1986)****RESULTADOS**

Las estimaciones por el método de los momentos son:

Estimación de U: .9230958                      Estimación de V: 5.1466290

Las estimaciones por el método de Ven Te Chow son:

Estimación de U: .8683683                      Estimación de V: 5.1372650

Las estimaciones por el método de máxima verosimilitud son:

Estimación de U: .8571942                      Estimación de V: 5.1300540

**PERÍODO MEDIO DE RETORNO**

4	1.735	1.898
5	4.367	4.473
6	10.992	10.540
7	27.668	24.837
8	69.642	58.530
9	175.295	137.928
10	441.229	325.033
11	1110.604	765.953

**TABLA Ib****Levante****Intervalo 10 años****Período histórico e instrumental (1700-1986)****RESULTADOS**

Las estimaciones por el método de los momentos son:

Estimación de U: .9484046                      Estimación de V: 5.8051790

Las estimaciones por el método de Ven Te Chow son:

Estimación de U: .8548207                      Estimación de V: 5.7876230

Las estimaciones por el método de máxima verosimilitud son:

Estimación de U: .7396395                      Estimación de V: 5.8164460

**PERÍODO MEDIO DE RETORNO**

4	1.805	2.609
5	4.660	5.467
6	12.029	11.454
7	31.055	23.998
8	80.171	50.281
9	206.969	105.348
10	534.308	220.723
11	1379.362	462.454

Tabla I.— Ajuste de la distribución de extremos Gumbel I para la región de Alicante-Murcia a los datos del catálogo a partir de 1700 y períodos de retorno determinados. a) Con agrupamientos de 5 años. b) De 10 años.



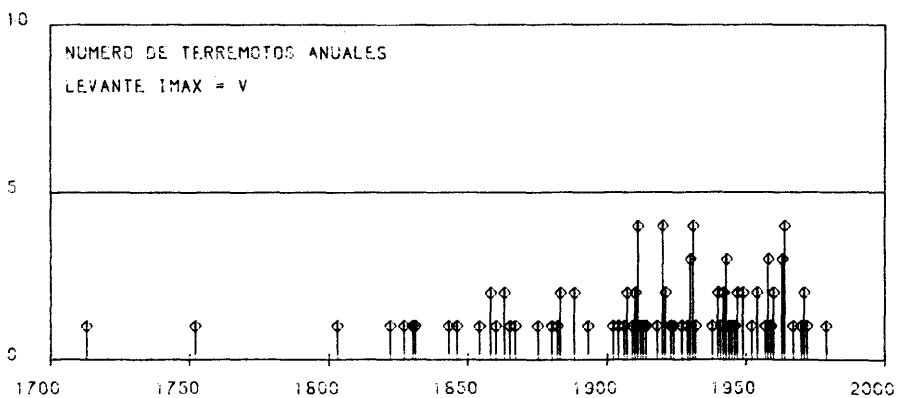
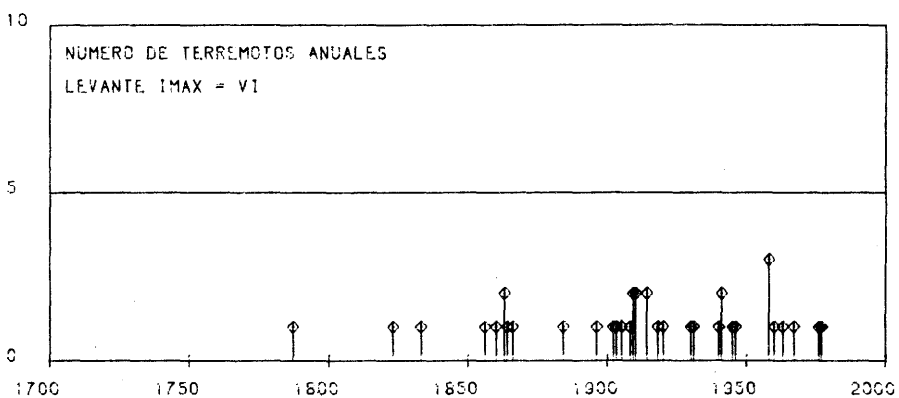
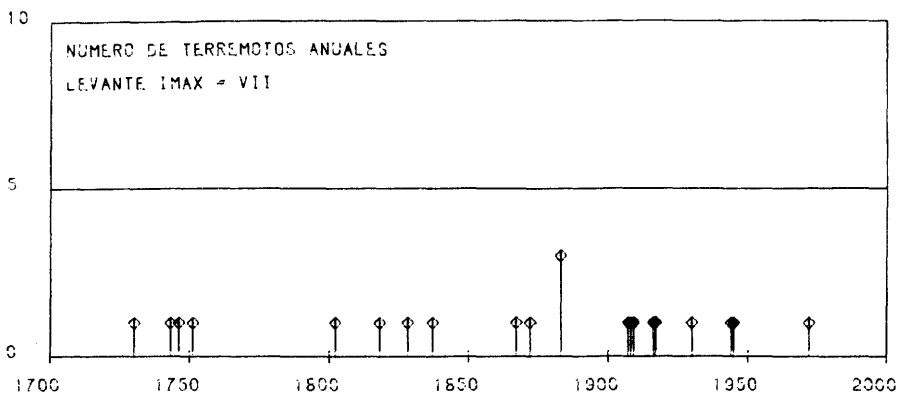


Figura 9.— Distribución anual del número de terremotos para intensidad V-VII desde 1700 y VIII-IX desde 1200.

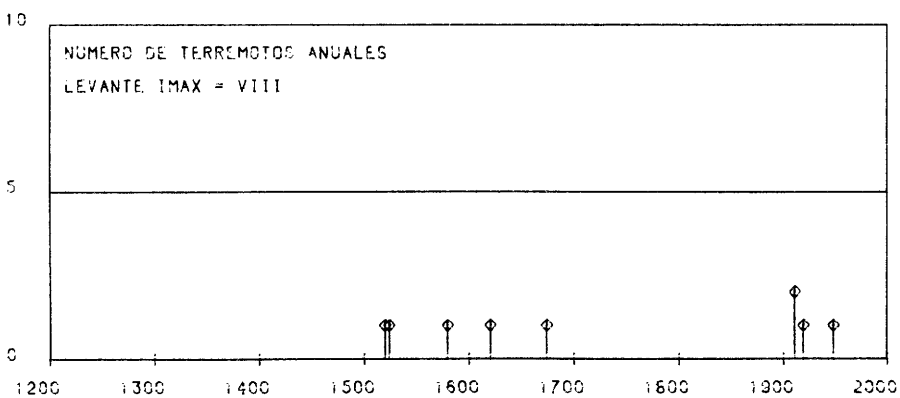
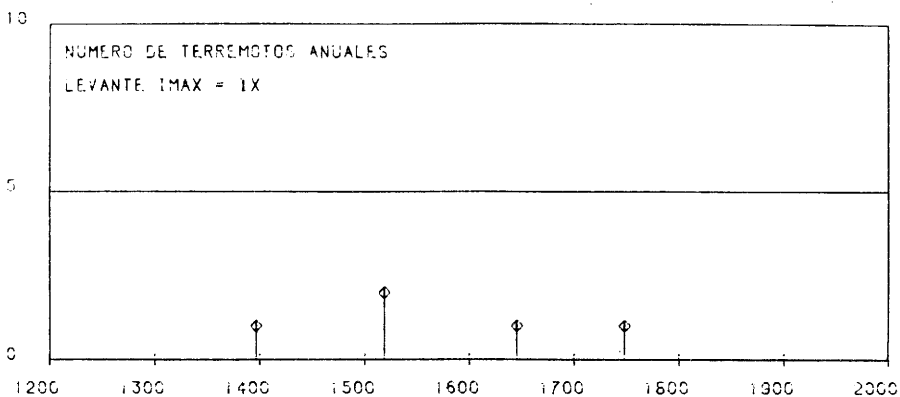


Figura 9.— Distribución anual del número de terremotos para intensidad V-VII desde 1700 y VIII-IX desde 1200.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS MISMOS

1.—Del mapa sismogénico de la zona, observamos que la distribución espacial de terremotos no es aleatoria, dándose varias situaciones de agrupamientos tanto lineales como superficiales (figs. 3 a 8). Esto es más claro si se observa la buena correlación existente entre la sismicidad histórica y la instrumental (fig. 5). De estas primeras observaciones, junto con datos de Tectónica, se puede obtener una primera delimitación de fuentes que se correspondería aproximadamente con los agrupamientos antes observados. Son las fuentes de Enguera (agrupamientos de Alcoy-Onteniente y Denia y Villanueva de Castellón), Murcia, Torrevieja, Elche-Alicante, Cehegín, Lorca y Almazora (Serón-Huércal Overa-Vera). De estas fuentes sólo la de Cehegín no presenta

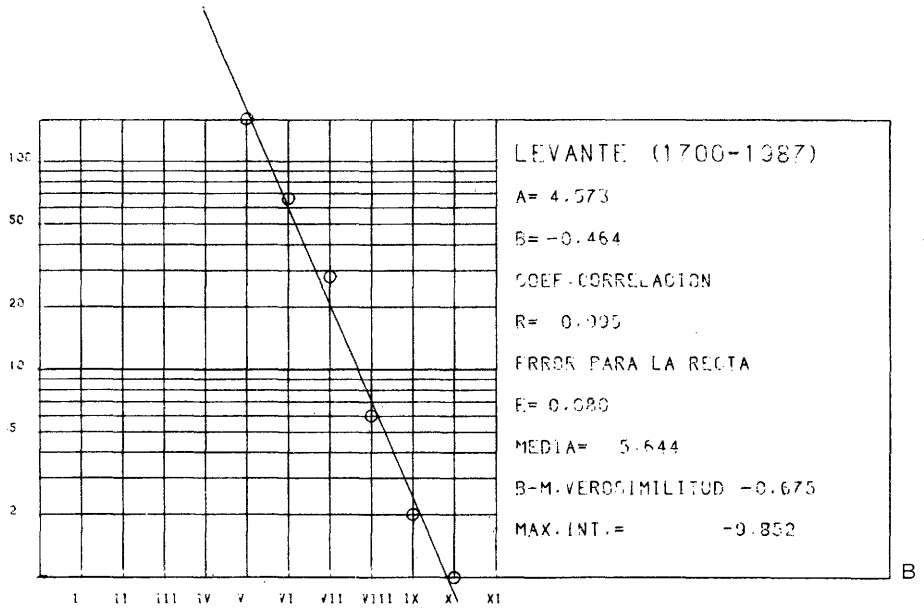
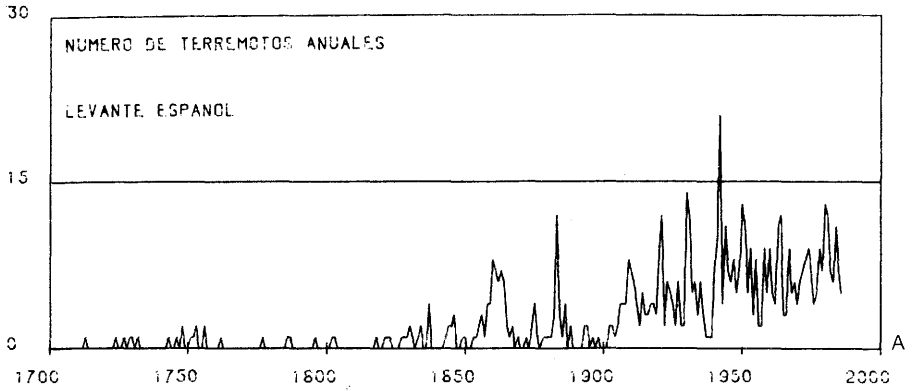


Figura 10.— a) Representación del número anual de terremotos de todas las intensidades desde 1700 hasta 1987. b) Valor de los parámetros a y b desde 1700 a 1987 para  $10 \geq V$ .

sismicidad histórica. Hay que advertir que la delimitación de las fuentes sísmicas depende en gran medida de la escala que se considere. Es claro que el ámbito de las Béticas es una zona sísmica separable de áreas más estables de la Meseta Española y del sur de Marruecos o Argelia. En este aspecto sería un área sísmica única. Por otra parte si se hacen separaciones de gran detalle cada fractura activa puede ser una fuente sísmica cuya capacidad dependerá de su longitud, profundidad, mayor o menor rugosidad, dirección y buzamiento y

de su posición con respecto a otras fracturas y al tensor de esfuerzos existente en cada momento.

Una vez conocidas las fuentes sísmicas, si conociéramos bien su historia sísmica, podríamos, por medios estadísticos apropiados, predecir su comportamiento futuro. Sin embargo esto no es posible, pues, por una parte, nuestra información sólo ocupa una porción incompleta de toda la historia sísmica y, por otra, hemos podido hacer una clasificación de fuentes errónea o incompleta.

No aparecen por ahora sismos profundos en el sector estudiado (fig. 11), lo que desde este punto de vista confiere un carácter más homogéneo a la sismicidad del mismo.

Desde el punto de vista geológico, los agrupamientos de sismos están asociados a la red de fracturas de los tres sistemas citados, tales como la falla del Medio Segura, la de Torrevieja, la de Lorca-Totana y la de Cádiz-Alicante (Crevente), por citar sólo las más importantes. El cruce de estos sistemas de fracturas corresponde casi siempre con agrupamientos importantes de sismos.

2.—La sismicidad destructiva  $I_{max} \geq VIII$  para algunas fuentes es sólo de carácter histórico, implicando periodos de recurrencia bastante grandes (fig. 6 b). Sin embargo, para  $I_{max} \geq VI$  todas las fuentes tienen ambos caracteres, histórico e instrumental, con la excepción ya indicada de la de Cehegín.

3.—Previo estudio de la homogeneidad y completitud del catálogo de terremotos utilizado (fig. 9), los resultados sobre la distribución temporal de la sismicidad de la zona para los distintos métodos utilizados son los siguientes:

a) Ventanas temporales de 25 años y distribución espacial de la sismicidad: De la observación de estos ocho mapas notamos que un período de 25 años es suficiente para que la zona se cargue y descargue de energía hasta un nivel, como mínimo, de  $I_{max} = VI$ . La última ventana, incompleta (sólo 12 años), presenta varias diferencias con las anteriores, siendo las más significativas la falta de terremotos de  $I_{max} = VII$ , la aparición de nuevos alineamientos de terremotos y finalmente un nivel de sismicidad más bajo en algunas fuentes. Si nos centramos en la sismicidad por encima del grado V de intensidad, los resultados anteriores quedan aún más remarcados (fig. 8), sobresaliendo entre todos el bajo nivel de sismicidad de la última ventana. En cuanto a las fuentes, y para este último nivel de sismicidad, sólo parece existir una cierta periodicidad en la ocurrencia de terremotos en la de Torrevieja.

b) Ventanas temporales de 25, 50 y 100 años y distribución de intensidades y energía: En cualquiera de los intervalos que cubren estas ventanas, se puede observar la falta de completitud del catálogo para las intensidades bajas ( $I_{max} < VII$ ) a partir de 1900 y antes, y en las ventanas donde cumple esta completitud, el perfecto ajuste a una distribución exponencial de las intensidades tal y como postula la conocida fórmula de Gutenberg y Richter aplicada a intensidades ( $\log N = a + bI_0$ ) (fig. 12). Centrándonos en la energía liberada en la zona, para los tres tipos de ventanas, se observa una gran regularidad en cada una de ellas, siendo ésta aún mayor cuanto más grande es el período de duración de la ventana. Al comparar las últimas ventanas con las restantes, observamos que en todos los casos aún falta por liberar bastante energía; así, para las de 25 años, desde ahora (1987) hasta el final de la ventana se debe liberar 8 veces la energía que hasta ahora se ha liberado, para las de 50 años

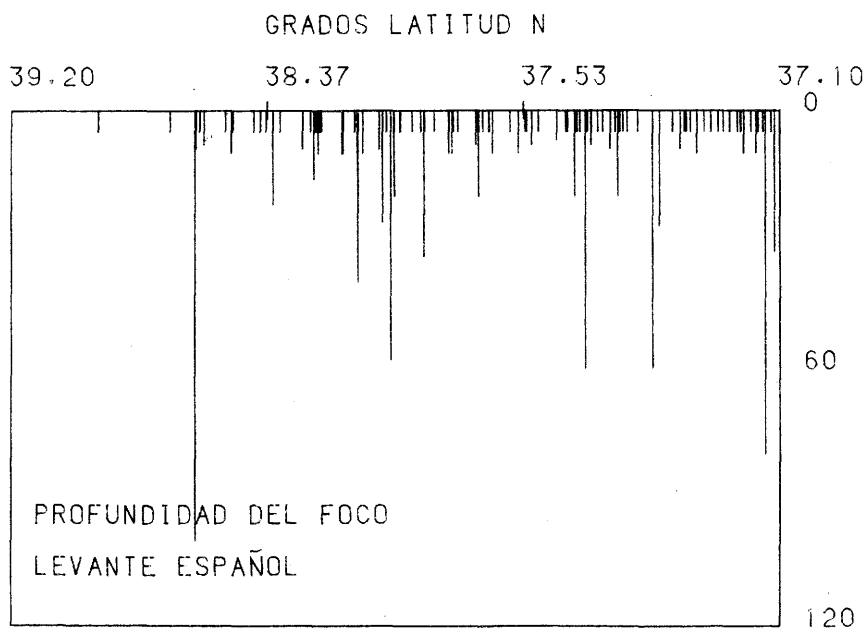
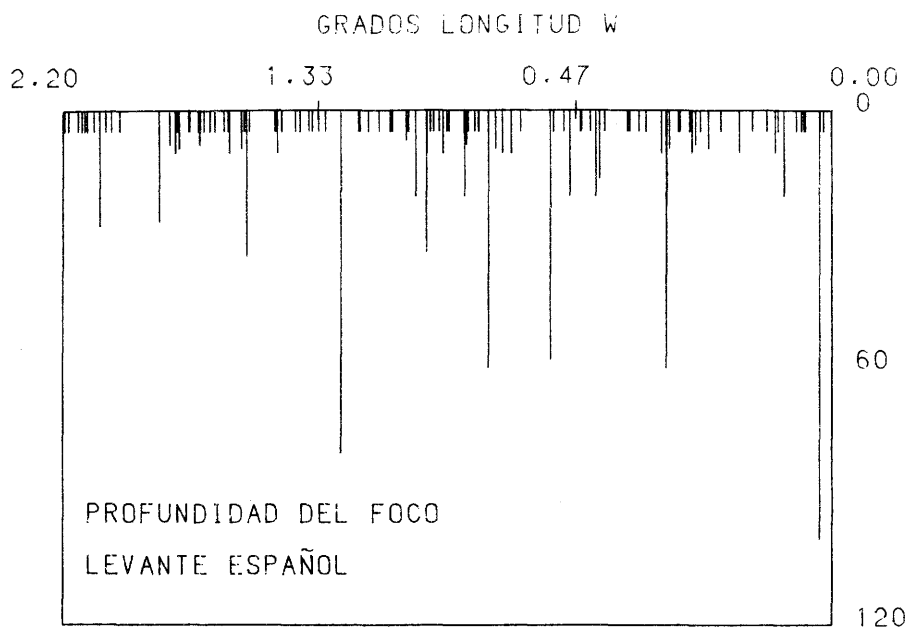


Figura 11.— Profundidad de los terremotos en la región de Alicante-Murcia.

DIST. IMAX>V EN VENTANAS DE 100 AÑOS LEVANTE (1200-1987)

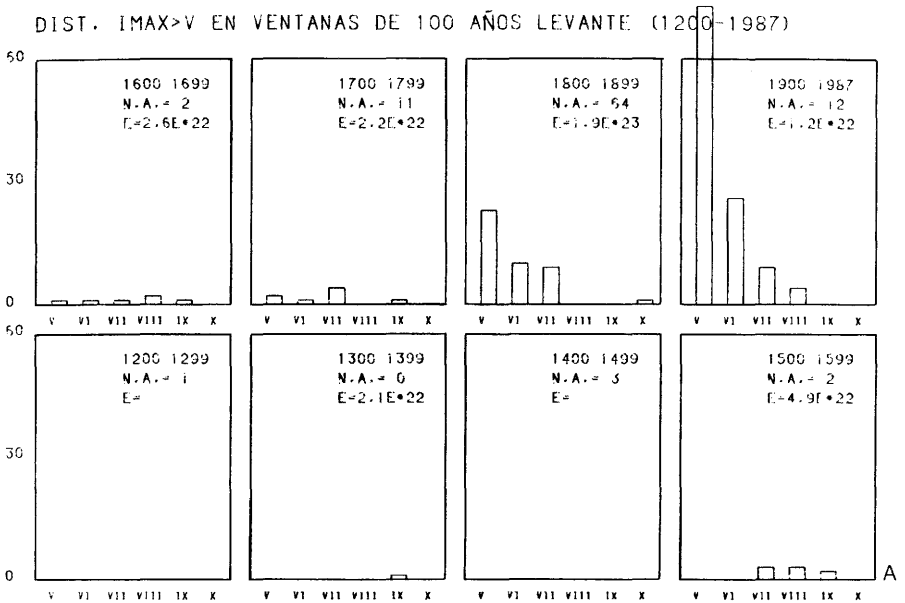


Figura 12a.— Variación de la distribución de intensidades máximas y energía en la región de Alicante-Murcia. a) Intervalos de 100 años desde 1200. b) Intervalos de 50 años desde el año 1600. c) Intervalos de 25 años, desde el año 1800. N. A.: número de terremotos sin asignar intensidad.

DIST. IMAX>V EN VENTANAS DE 50 AÑOS LEVANTE (1600-1987)

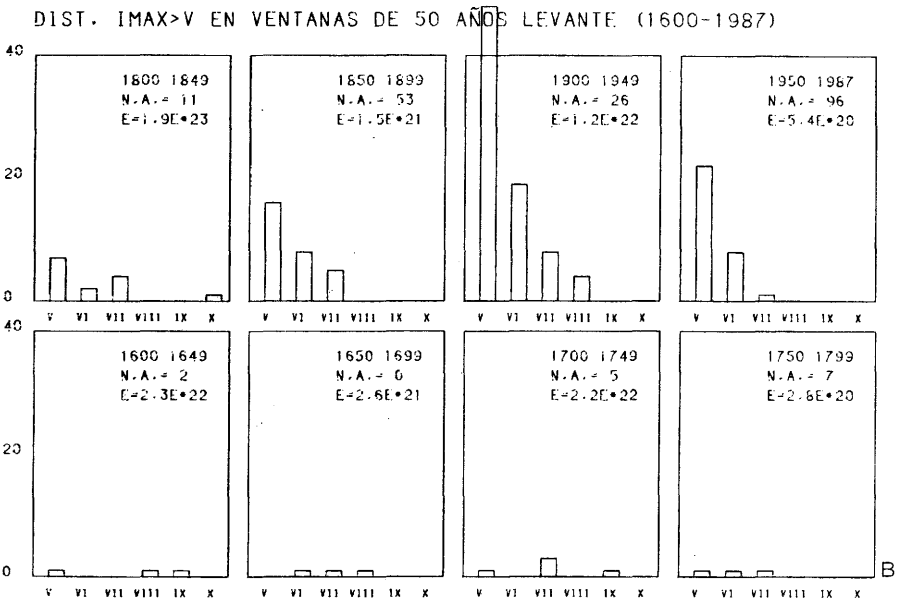


Figura 12b.— Variación de la distribución de intensidades máximas y energía en la región de Alicante-Murcia. a) Intervalos de 100 años desde 1200. b) Intervalos de 50 años desde el año 1600. c) Intervalos de 25 años, desde el año 1800. N. A.: número de terremotos sin asignar intensidad.

DIST. IMAX>V EN VENTANAS DE 25 AÑOS LEVANTE (1800-1987)

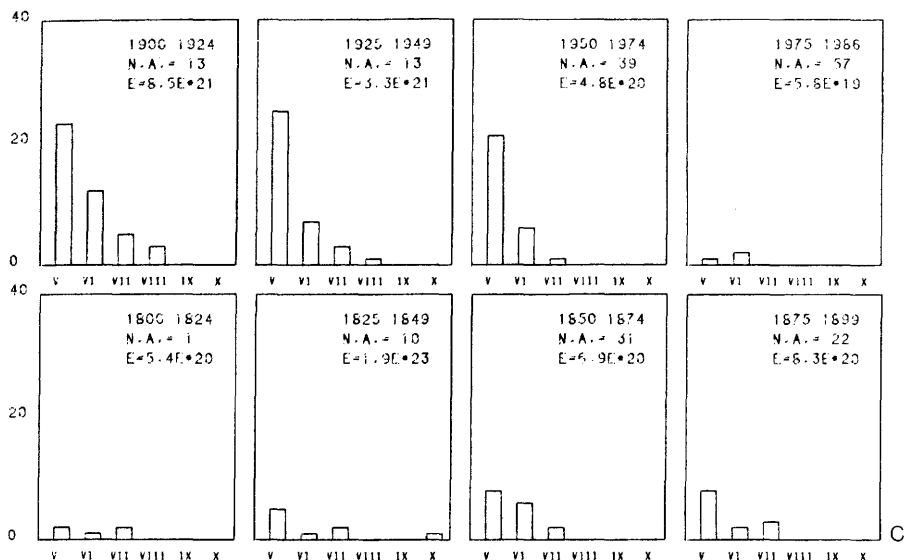


Figura 12c.— Variación de la distribución de intensidades máximas y energía en la región de Alicante-Murcia. a) Intervalos de 100 años desde 1200. b) Intervalos de 50 años desde el año 1600. c) Intervalos de 25 años, desde el año 1800. N. A.: número de terremotos sin asignar intensidad.

sería del orden de 40 veces y para las de 100 años del orden de 10 veces, todo ello en valores promedio, pues si nos refiriéramos a la ventana en la que se liberó más energía (la que contiene el terremoto de 1829), las anteriores cifras tendríamos que multiplicarlas por 10.

4.—Del estudio de los parámetros a y b de la fórmula de Gutenberg y Richter, que nos relaciona el número de terremotos con su intensidad, obtenemos los siguientes resultados:

a) De la figura 10 b, en la que aparece el ajuste al que se refiere la anterior fórmula y el gráfico del número de terremotos por años, para todas las intensidades, se deduce que al ser sólo completo el catálogo a partir de 1930, los puntos para intensidades V, y quizás VI, están infravalorados en el gráfico del ajuste lineal, lo que implica un valor de b mayor que el 0,464 obtenido.

**TABLA II**

**A (25 años)**

	a	b
1800/24	1,686	— 0,199
1825/49	2,369	— 0,256
1850/74	3,512	— 0,452
1875/99	2,674	— 0,318
1900/24	3,572	— 0,384
1925/49	4,146	— 0,514
1950/74	5,156	— 0,731
1975/87	1,356	— 0,176

**B (50 años)**

1800/49	2,369	— 0,256
1850/99	3,382	— 0,382
1900/49	4,061	— 0,430
1950/87	5,335	— 0,753

Tabla 1.— Ajuste de los parámetros a y b desde 1800. a) Cada 25 años. b) Cada 50 años.

b) El ajuste de los anteriores parámetros, para cada una de las ventanas de 25 y 50 años, lo resumimos en la tabla II.

El ajuste se ha realizado como mínimo con tres valores de intensidad, empezando siempre con el valor V, con excepción del caso de la última de las ventanas de 25 años que, sólo se tomaron dos puntos. Hay una clara tendencia a incrementarse los valores de a y b, según nos acercamos a nuestros días, debido fundamentalmente a la falta de completitud del catálogo en las intensidades más bajas V y VI. Sin embargo, para las últimas ventanas, en las que se puede considerar completo el catálogo, sigue notándose esta tendencia, lo que nos hace pensar que pueda tener una cierta explicación sismotectónica. El bajo valor 0,176 calculado en la última de las ventanas de 25 años, así como el máximo valor 0,731 encontrado justo en la anterior, aparte de la relación con la incompletitud y la sola utilización de dos puntos en el ajuste, puede también tener un significado sismotectónico.

5.—En el ajuste de la distribución de extremos Gumbel I a los datos del catálogo a partir de 1700 (fecha en la que empieza a ser completo el catálogo para este método) (este ajuste lo mostramos en la tabla 2 para períodos de agrupamientos de 5 y 10 años), los períodos medios de retorno, es decir, el intervalo de recurrencia media entre todos los terremotos de una intensidad dada y mayores, fluctúan menos para los agrupamientos de 5 años y dentro de unos límites bastante estrechos. De cualquier forma, en ambos casos, tratándose de valores promedios, pueden tomarse estos resultados con bastante seguridad.



Por último, se presentan los principales sismos y algunas de las características de las fuentes sísmicas delimitadas:

1) Fuente de Enguera.

Los terremotos más importantes son:

<u>AÑO</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>I</u>	<u>EPICENTRO APROXIMADO</u>
1258	0° 34' W	38° 48' N		Onteniente
1396	0° 15' W	39° 10' N		Tabernes
1544	0° 12' W	38° 42' N	VII	Guadalest
1598	0° 07' W	38° 55' N	VII	Oliva
1599	0° 12' W	39° 00' N	VII	Gandía
1620	0° 27' W	38° 42' N	VIII	Alcoy
1645	0° 27' W	38° 42' N	IX	Alcoy
1748	0° 39' W	39° 00' N	IX	Enguera
1883	0° 30' W	39° 06' N	VII	V. Castellón (2 sismos)
1896	1° 06' W	38° 34' N	VII	Yecla
1910	0° 06' W	38° 54' N	VI	Oliva
1914	0° 30' W	39° 06' N	VI	V. Castellón
1916	0° 57' W	38° 34' N	VII	Salinas
1932	1° 11' W	38° 38' N	VI	Yecla
1945	0° 35' W	38° 48' N	VII	Onteniente
1976	0° 36' W	38° 53' N	VI	Vallada

La sismicidad histórica podría ser errónea en su localización y la intensidad máxima puede estar sobrevalorada. Sin embargo, puede darse este valor (IX) como su potencial destructor máximo.

2) Fuente de Murcia.

Sus terremotos son:

<u>AÑO</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>I</u>	<u>EPICENTRO APROXIMADO</u>
-237	1° 08' W	37° 58'		
1743	1° 06' W	38° 00'	VII	Murcia
1787	1° 30' W	38° 06'	VI	Mula
1823	1° 08' W	38° 00'	VI	Murcia
1883	1° 15' W	38° 05'	VII	Ceutí
1902	1° 12' W	38° 00'	VI	Murcia
1905	1° 12' W	38° 00'	VI	Nora
1908	1° 30' W	38° 00'	VI	Mula
1908	1° 18' W	38° 06'	VII	Ojós
1911	1° 13' W	38° 01'	VIII	Cotillas
1911	1° 12' W	38° 06'	VIII	Lorquí
1914	1° 20' W	38° 02'	VI	C. del Río
1917	1° 16' W	38° 02'	VII	T. Cotillas
1930	1° 14' W	38° 04'	VII	Lorquí
1944	1° 09' W	38° 10'	VII	Fortuna
1945	1° 20' W	38° 27'	VI	Jumilla
1946	1° 12' W	37° 55'	VI	Sangonera
1958	1° 07' W	38° 11'	VI	Fortuna
1963	1° 03' W	38° 13'	VI	Abanilla
1967	1° 17' W	38° 21'	VI	Cieza

Esta área es algo compleja. El accidente de Cieza-Archena (Medio Segura) parece ser el más activo (dir. NW-SE), pero sobre todo lo es en su cruce con el accidente de Cádiz-Alicante, sector en el que aparecen fuentes termales. Sin embargo, la traza del accidente de Lorca que se prolonga hacia el N parece tener también actividad.

3) Fuente de Torrevieja.  
Presenta los siguientes sismos:

<u>AÑO</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>I</u>	<u>EPICENTRO APROXIMADO</u>
1048	0° 55'	38° 05'		Orihuela
1475	0° 55'	38° 05'		Orihuela
1482	0° 55'	38° 05'		Orihuela
1523	0° 38'	38° 06'	VIII	Guardamar del Segura
1746	0° 43'	38° 05'	VII	Rojales
1802	0° 42'	38° 00'	VII	Torrevieja
1828	0° 42'	38° 00'	VII	Torrevieja
1829	0° 42'	38° 00'	X	Torrevieja
1833	0° 42'	38° 00'	VI	Torrevieja
1837	0° 42'	38° 00'	VII	Torrevieja
1860	0° 42'	38° 00'	VI	Torrevieja
1867	0° 42'	38° 00'	VII	Torrevieja
1909	0° 40'	38° 00'	VII	Torrevieja
1910	0° 42'	38° 00'	VI	Torrevieja
1918	0° 48'	38° 05'	VI	Algorfa
1919	0° 50'	38° 05'	VIII	Jacarilla
1958	0° 36'	38° 06'	VI	Guardamar del Segura
1960	0° 54'	38° 05'	VI	Orihuela

Es un área parecida a la anterior en cuanto al control de fracturas. Esencialmente son las NW-SE y las N70E las que presentan mayor actividad.

4) Fuente de Elche-Alicante.  
En esta fuente se han dado los siguientes terremotos:

<u>AÑO</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>I</u>	<u>EPICENTRO APROXIMADO</u>
1694	0° 30'	38° 20'	VI	Alicante
1730	0° 40'	38° 18'	VII	Elche
1866	0° 40'	38° 18'	VI	Elche
1884	0° 30'	38° 20'	VI	Alicante
1909	0° 48'	38° 18'	VI	Crevillente (2 sismos)
1920	0° 33'	38° 12'	VI	Santa Pola
1958	0° 44'	38° 27'	VI	Elda

Está asociado al accidente Cádiz-Alicante y al cruce con los del Vinalopó, si bien por ahora no parece presentar gran potencial sísmico.

5) Fuente de Cehegín.

En ella se dieron los siguientes sismos:

<u>AÑO</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>I</u>	<u>EPICENTRO APROXIMADO</u>
1941	1° 53'	38° 07'	VI	Caravaca
1941	1° 46'	38° 12'	VI	Caravaca
1948	1° 45'	38° 08'	VIII	Cehegín

6) Fuente de Lorca.

En ella aparecen los siguientes sismos:

<u>AÑO</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>I</u>	<u>EPICENTRO APROXIMADO</u>
1664	1° 42'	37° 42'	VII	Lorca
1674	1° 42'	37° 42'	VIII	Lorca
1818	1° 42'	37° 42'	VII	Lorca
1864	1° 24'	37° 54'	VI	Alhama de Murcia
1907	1° 30'	37° 48'	VII	Totana
1977	1° 43'	37° 39'	VII	Lorca

Estos terremotos parecen estar controlados esencialmente por el llamado accidente de Lorca-Totana-Alhama de Murcia de dirección NE-SW, que presenta movimientos muy recientes. Del último terremoto y sus réplicas existen mecanismos focales.

7) Fuente del Almanzora.

En ella se han dado los siguientes sismos:

<u>AÑO</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>I</u>	<u>EPICENTRO APROXIMADO</u>
1406	1° 52'	37° 20'	VIII	Vera
1518	1° 52'	37° 13'	IX	Vera
1531	2° 48'	37° 30'	VIII	Baza
1751	2° 03'	37° 38'	VII	Vélez Rubio
1863	1° 54'	37° 24'	VI	Huércal Overa
1863	1° 56'	37° 25'	VI	Huércal Overa
1863	2° 30'	37° 20'	VII	Serón
1883	2° 48'	37° 30'	VI	Baza
1903	2° 06'	37° 36'	VI	Vélez Rubio
1930	2° 09'	37° 22'	VI	Albox
1932	2° 27'	37° 25'	VIII	Lúcar
1940	1° 52'	37° 14'	VI	Vera
1955	2° 27'	37° 18'	VI	Tíjola
1972	2° 15'	37° 25'	VII	Portaloa

En ella se incluye un área más amplia que la propia del Almanzora, así el sector de Baza y de Vélez Rubio. El sector de Vera es fronterizo con otra área que se extiende más al Sur y podría ser segregado.

## CONCLUSIONES

1.— Los agrupamientos de sismos con  $I_{max} > VI$ , junto con los rasgos tectónicos, determinan las siete fuentes sísmicas de esta zona. Además, los sectores de Vera, Torrevieja y Alcoy son, desde el punto de vista histórico, los de mayor potencial energético destructor con los terremotos de 1518 de Vera, 1645 de Alcoy, de 1748 de Enguera y 1829 de Torrevieja. Todos ellos de  $I_{max} = IX$  y que destruyeron estas ciudades y parte de sus alrededores, pero no amplias zonas; o sea, sus efectos fueron muy locales. En el resto de las fuentes sólo se ha alcanzado el grado VIII. Entre ellas cabe destacar la de Cehegín por su exclusivo carácter instrumental.

2.— Los estudios temporales para diferentes duraciones de ventanas nos llevan a observar un descenso en el nivel de sismicidad actual en toda la zona, lo cual, junto con la tendencia creciente del parámetro  $b$  en las ventanas de 25 años anteriores a la última, nos hace pensar en la posibilidad de una pronta reactivación de la sismicidad en lo que resta de siglo, para que en la última ventana (1950/2000 ó 1975/2000) se obtengan unos resultados concordantes con los de las otras. De todas formas, de no ocurrir esto estaríamos ante una clara anomalía de la conducta sísmica de la zona.

3.— Los resultados de la teoría de extremos Gumbel I nos dan unos períodos medios de retorno de 60 y 150 años para las intensidades VIII y IX, que serán alcanzados al final de esta última ventana. Sin embargo, el carácter promedio de estos valores y la incompletitud de los datos utilizados para obtenerlos, permiten también situaciones válidas que se ajusten a resultados con valores más altos para estos períodos medios de retorno. Además debemos tener en cuenta que los únicos terremotos realmente catastróficos a los que nos podemos referir son los de Vera y Torrevieja, que están separados temporalmente más de 300 años.

4.— Los valores de periodicidad de terremotos de  $I_{max} \geq VI$  en todo el ámbito de las Béticas obliga a tomar en serio la normativa de construcción con vistas a una prevención activa.

5.— El estudio estadístico de los sismos es de notable utilidad en su aplicación al conocimiento del riesgo sísmico. Por ello es necesario intentar la mejora continua de los catálogos, con indicación completa de datos tales como  $I_{max}$ , profundidad, magnitud y mecanismo focal cuando sea posible.

6.— De la comparación de la posición de los sismos con la red de fracturas se aprecia una estrecha relación entre algunos accidentes, en especial los de dirección NW-SE, y en menor grado con los de los otros dos sistemas. Esto es muy claro si se hace con sismos de  $I_{max} \geq VI$ , también observable en los mapas de isosistas.

7.— En la intersección de grandes fracturas se producen numerosos enjambres de sismos.

8.— El accidente Cádiz-Alicante se muestra activo en alguno de sus tramos. Las fracturas NW-SE de Cieza-Archena y las NE-SW de Lorca-Totana-Alhama parecen ser las más activas.

## BIBLIOGRAFÍA

- ESTÉVEZ, A.; PINA, J. A.; CÁLIZ, F. y HERVÁS, J. L. (1985).—Isla Plana o Nueva Tabarca. Significación geológica y evolución tectónica reciente en el contexto del sector oriental de las Cordilleras Béticas. In Ramos, A. A. Ed. *La reserva marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. Univ. Alicante, 25-35.
- ESTÉVEZ, A.; PINA, J. A. y LÓPEZ GARRIDO, A. C. (1986).—Aportación al conocimiento neotectónico y sismotectónico del Sudeste de España (provincias de Alicante y Murcia). En vol. de: *Primeras jornadas de estudio del fenómeno sísmico y su incidencia en la ordenación del territorio (Murcia)*.
- ESTÉVEZ, A. y SANZ DE GALDEANO, C. (1983).—Néotectonique du secteur central des Chaînes Bétiques (Bassins de Guadix - Baza et de Grenade). *Rev. Géol. Dyn. et Géogr. Phys.* 24, 1, 23-34.
- (1984).—Neotectónica en la depresión de Granada y áreas próximas. Métodos empleados para el estudio de las deformaciones neotectónicas. *Energía Nuclear*, 149-150, 249-257.
- GROUPE DE RECHERCHE NÉOTECTONIQUE DE L'ARC DE GIBRALTAR. (1977).—L'histoire tectonique récente (Tortonien à Quaternaire) de l'arc de Gibraltar et des bordures de la mer d'Alboran. *B. S. G. F.*, 7, XIX, 3, 576-614.
- JEREZ MIR, L. (1973).—*Geología de la zona Prebética en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes (provincias de Albacete y Murcia)*. Tesis Univ. Granada. 750 p.
- LÓPEZ-CASADO, C. y PUENTES MOLINA, A. (1986).—Estudio de la completitud y homogeneidad de la información sísmica correspondiente a la región murciana. En vol. de: *Primeras jornadas de estudio del fenómeno sísmico y su incidencia en la ordenación del territorio (Murcia)*.
- LÓPEZ-CASADO, C. y SANZ DE GALDEANO, C. (1986).—Fuentes sísmicas de la región del río Segura. En vol. de: *Primeras jornadas de estudio del fenómeno sísmico y su incidencia en la ordenación del territorio (Murcia)*.
- LÓPEZ MARINAS, J. M. (1976).—Ensayo de compartimentación en bloques sismotectónicos del Sureste español. Com. *II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*, I, 507-514. Madrid.
- MARTÍN MARTÍN, A. J. (1983).—Mapa de isomáximas sentidas 1396-1679. Com. *IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*, I, 447-455. Madrid.
- (1984).—*Riesgo sísmico en la Península Ibérica*. I. G. N. Tomo I, 235 p. Tomo II: figs.
- MARTÍN MARTÍN, A. J. y SIERRA GÓMEZ, J. (1983).—Nuevos mapas de riesgo sísmico de la Península Ibérica, obtenidos mediante la distribución de Gumbel tipo I. Com. *IV Asamblea Nac. de Geodesia y Geofísica*, I, 309-323.
- MEZCUA, J.; HERRAIZ, M. y BUFORN, E. (1984).—Study of the 6 June 1977 Lorca (Spain) earthquake and its aftershock sequence. *B. S. S. A.*, 74, 167-179.
- MEZCUA, J. y MARTÍNEZ SOLARES, J. M. (1983).—Sismicidad del área Ibero-Mogrebí. I. G. N. Publ. n.º 262, Madrid, 322 p.
- MONTENAT, Ch. (1973).—*Les formations néogènes du Levant espagnol*. Tesis Univ. Paris - Orsay, 1167 p.
- MUNUERA, J. A. (1965).—La actividad sísmica en la región de la Península Ibérica hasta fines de 1960. *Rev. de Geofísica*. Año XXIV, 95, julio-sept.
- REY PASTOR, A. (1951).—*Estudio sismotectónico de la región sureste de España*. I. G. C., Madrid, 52 p.
- (1956).—Mapa sismotectónico de la Península Ibérica. Escala 1:200.000. I. G. C. Madrid.
- RODRÍGUEZ ESTRELLA, T. (1977).—Los grandes accidentes tectónicos de la provincia de Alicante. *Tecniterrae*, 17, 8-18.
- SANZ DE GALDEANO, C. (1983).—Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas. *Estudios Geológicos*, 39, 157-165.
- SANZ DE GALDEANO, C. y LÓPEZ CASADO, C. (En prensa). Fuentes sísmicas en el ámbito Bético-Rifeño. *Rev. Geofís.*, Madrid.
- SANZ DE GALDEANO, C.; RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J. y LÓPEZ GARRIDO, A. C. (1985).—A strike-slip fault corridor within the Alpujarra Mountains (Betic Cordilleras, Spain). *Geol. Rundschau*, 74, 641-655.
- UDÍAS, A. y BUFORN, E. (1985).—Mecanismo focal de los terremotos y sismotectónica del área Ibero-Mogrebí. Mecanismo de los terremotos y Tectónica. Universidad Complutense. Madrid.
- VEGAS, R. (1985).—Tectónica del área Ibero-Mogrebí. Mecanismo de los Terremotos y Tectónica. Ed. U. Complutense. Madrid, 198-215.